

ЗЕМЛЯ И

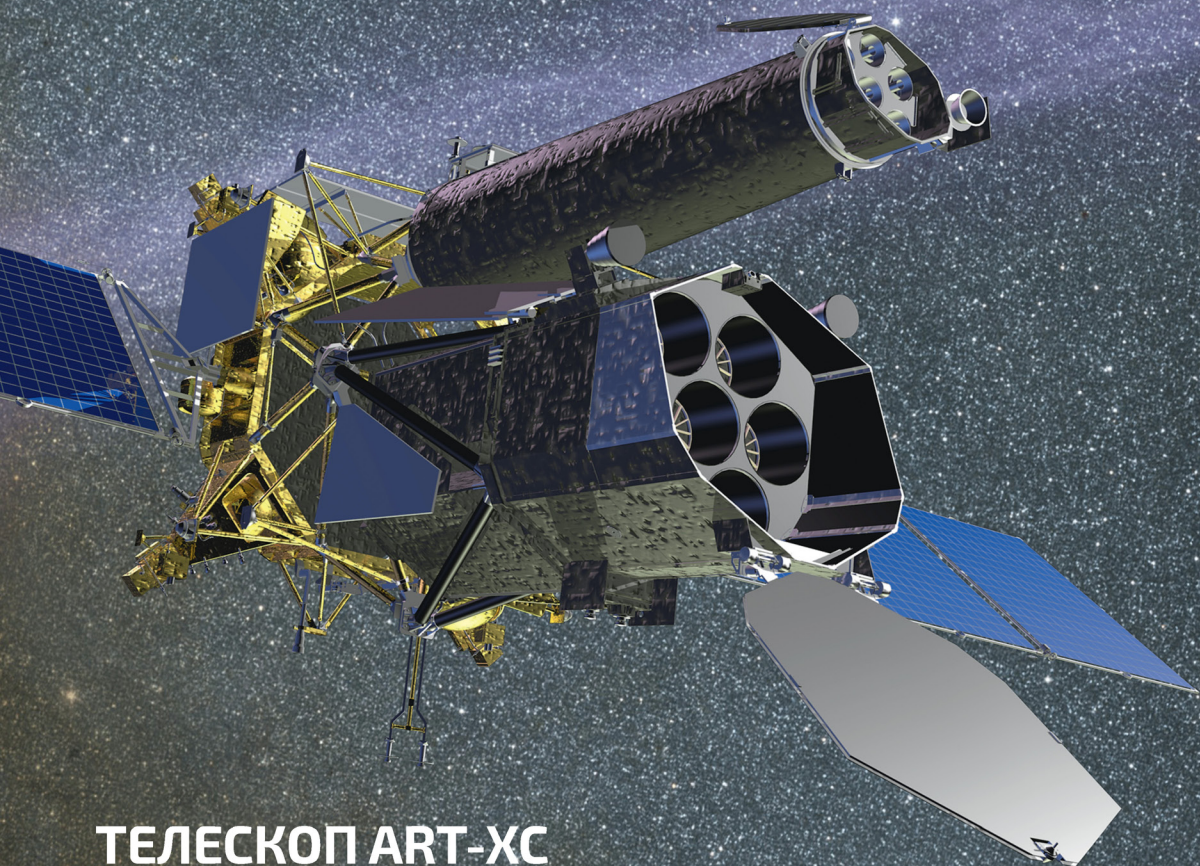
№ 4 (346)

ИЮЛЬ-АВГУСТ, 2022

ISSN 0044-3948

космонавтика
астрономия
геофизика

ВСЕЛЕННАЯ



ТЕЛЕСКОП ART-XU ИМ. М.Н. ПАВЛИНСКОГО ОБСЕРВАТОРИИ «СПЕКТР-РЕНТГЕН-ГАММА»: ТРИ ГОДА НА ОРБИТЕ

«ТЯНЬВЭНЬ-3» ДОСТАВИТ ГРУНТ С МАРСА

ЧТО МОЖЕТ ИЗМЕНИТЬСЯ ПОСЛЕ НАЧАЛА КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ?

СРЕДНЕВЕКОВЫЕ СОЗВЕЗДИЯ: В ПОИСКАХ ЗАБЫТЫХ СМЫСЛОВ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЖУРНАЛЫ ТЕПЕРЬ ДОСТУПНЫ ВСЕМ



Уважаемые коллеги!
Открыта подписка для физических лиц
на номера 2022 г. научно-популярных журналов
«Земля и Вселенная», «Природа»,
«Энергия: экономика, техника, экология»

ЖУРНАЛ «ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Стоимость годового комплекта (6 номеров) 1650 руб.

Редакция журнала

Тел.: +7 (495) 276-77-35 (доб. 42-31)

E-mail: zevs@naukaran.com

Шубинский пер., д. 6, стр. 1

ЖУРНАЛ «ПРИРОДА»

Стоимость годового комплекта (12 номеров) 3840 руб.

Редакция журнала

Тел.: +7 (495) 276-77-35 (доб. 41-71)

E-mail: priroda@naukaran.com

Шубинский пер., д. 6, стр. 1

ЖУРНАЛ «ЭНЕРГИЯ: ЭКОНОМИКА, ТЕХНИКА, ЭКОЛОГИЯ»

Стоимость годового комплекта (12 номеров) 3840 руб.

Редакция журнала

Тел.: +7 (495) 362-07-82

E-mail: energy@iht.mpei.ac.ru

ул. Красноказарменная, 17а

Журналы также можно приобрести в розницу
в магазинах «Академкнига» по следующим ценам:

«Земля и Вселенная» — 295 руб.

«Природа» — 340 руб.

«Энергия: экономика, техника, экология» — 340 руб.

Выпуски и статьи журналов в электронном
виде можно приобрести на сайте libnauka.ru



СТОИМОСТЬ ОДНОГО ВЫПУСКА/СТАТЬИ ЖУРНАЛА В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ, ИЗДАННОГО В 2022 ГОДУ

Журнал	Выпуск (руб.)	Статья (руб.)
«Земля и Вселенная»	229	79
«Природа»	286	79
«Энергия: экономика, техника, экология»	286	79

Подписаться можно в редакциях
указанных журналов.

Убедительная просьба связаться
с редакциями перед визитом.

В случае возникновения вопросов можно также обращаться
в Управление по выпуску журналов ФГБУ «Издательство «Наука»:

Тел.: +7 (495) 276-77-35 (доб. 43-01)

E-mail: journals@naukaran.com

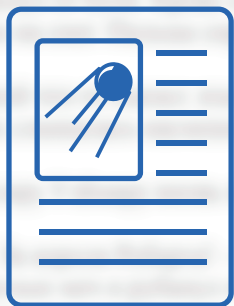


Издательство «Наука» оказывает услуги:

- СОЗДАНИЕ ОРИГИНАЛ-МАКЕТА
 - редактирование
 - вёрстка
 - изготовление рисунков
- ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ОФОРМЛЕНИЕ
- ВЕСЬ КОМПЛЕКС ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ УСЛУГ
- РАСПРОСТРАНЕНИЕ В МАГАЗИНАХ «АКАДЕМКНИГА»

**Высокопрофессиональные специалисты «Науки»
готовы к сотрудничеству**

naukapublishers.ru



НАУКА

www.libnauka.ru

*Добро пожаловать
в электронную библиотечную систему
Издательства «Наука»!*

Электронная библиотечная система Издательства «Наука» – это простой и удобный доступ к огромной коллекции статей и книг, входящих в портфолио «Науки»

Электронная библиотечная система это:

- научная, научно-популярная и классическая литература, от статей до монографий
- оперативное обновление новинок благодаря тесной интеграции с редакционно-издательской системой «Науки»
- разветвленный тематический каталог
- простая и эффективная система поиска
- интуитивная и простая система оформления заказа и подписок
- прозрачная система статистики
- надежность доступа и стабильность работы

Реклама

Присоединяйтесь к миру «Науки»!

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

№4 (346)
ИЮЛЬ-АВГУСТ, 2022

ISSN 0044-3948

космонавтика
астрономия
геофизика

Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
«Наука»
Москва

На обложке:

Космическая астрофизическая
обсерватория «Спектр-РГ» в полете
в представлении художника.
Изображение АО «НПО Лавочкина»

В НОМЕРЕ:

ЛУТОВИНОВ А.А. Телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории «Спектр-Рентген-Гамма»	3
БУРЕНИН Р.А. Обзор всего неба в рентгеновском диапазоне	10
МЕРЕМИНСКИЙ И.А. Новые сильнопеременные рентгеновские источники в обзоре всего неба телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского	17
АРЕФЬЕВ В.А., МОЛЬКОВ С.А., ЛУТОВИНОВ А.А. От теории нейтронных звезд к решению практических задач космической навигации	25
НАЗАРОВ В.Н. Земные будни космической обсерватории	36
Космонавтика XXI века	
ЛИСОВ И.А. «Тяньвэнь-3» доставит грунт с Марса	43
У ЦЗИ Что может измениться после начала космической эры?	48
Люди науки	
ГЕРАСЮТИН С.А. Памяти Валерия Викторовича Рюмина	53
Любительская астрономия	
КАЗАКОВ Е.В. Средневековые созвездия: в поисках забытых смыслов	58
Досье любознательных	
СОЛОМОНОВ Ю.В. Планета Марс на монетах мира	74
Литературный космос	
СИНЕЛЬНИКОВ М.И. Изменилось теперь ремесло звездочета...	93
По выставкам и музеям	
СЕЛИВАНОВА О.В. «Per aspera ad astra»	94
Симпозиумы, конференции, съезды	
ПЕРОВ С.П. О влиянии космической погоды на атмосферу и климат Земли	102
Table of Content and Selected Abstracts	108

© Российская академия наук, 2022

© Редколлегия журнала «Земля и Вселенная» (составитель), 2022

© ФГБУ «Издательство «Наука», 2022

Earth&Universe: Astronomy, Geophysics, Cosmonautics
Bimonthly popular scientific magazine of the Russian Academy of Sciences & NAUKA Publishing.
Founded 1965.

Published by NAUKA Publishing, Profsoyuznaya Str., 90, 117997, Moscow, Russia.

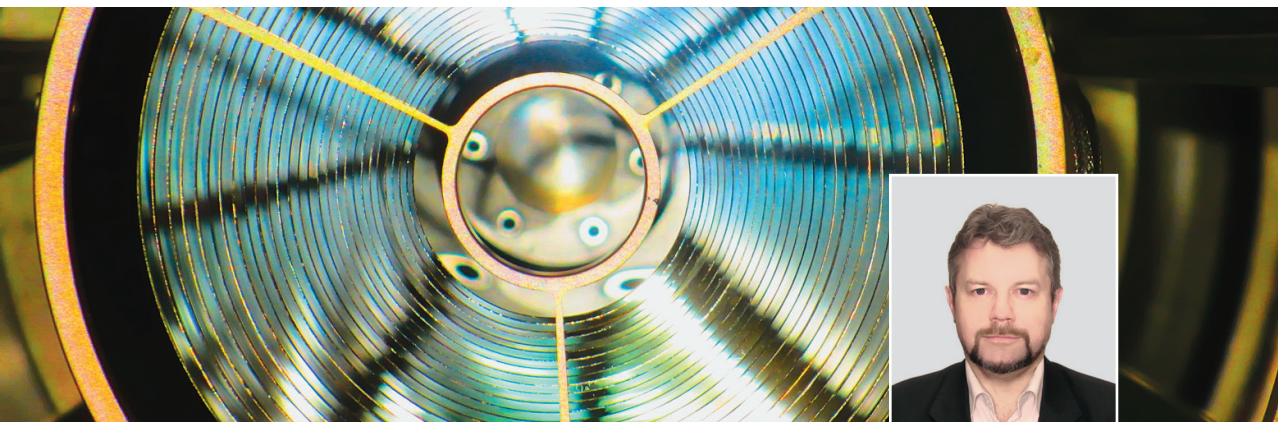
Редакционная коллегия:

главный редактор
академик Л.М. ЗЕЛЕНЬИЙ,
летчик-космонавт
П.В. ВИНОГРАДОВ,
зам. главного редактора
кандидат филолог. наук
О.В. ЗАКУТНЯЯ,
доктор исторических наук
К.В. ИВАНОВ,
летчик-космонавт
А.Ю. КАЛЕРИ,
кандидат физ.-мат. наук
О.Ю. ЛАВРОВА,
доктор физ.-мат. наук
А.А. ЛУТОВИНОВ,
зам. главного редактора
доктор физ.-мат. наук
О.Ю. МАЛКОВ,
доктор физ.-мат. наук
И.Г. МИТРОФАНОВ,
академик И.И. МОХОВ,
член-корр. РАН
И.Д. НОВИКОВ,
доктор физ.-мат. наук
С.П. ПЕРОВ,
доктор физ.-мат. наук
К.А. ПОСТНОВ,
доктор физ.-мат. наук
М.В. РОДКИН,
научный директор
Московского планетария
Ф.Б. РУБЛЕВА,
член-корр. РАН
А.Л. СОБИСЕВИЧ,
член-корр. РАН
О.Н. СОЛОМИНА,
член-корр. РАН
В.А. СОЛОВЬЕВ,
академик
А.М. ЧЕРЕПАЩУК,
доктор физ.-мат. наук
В.В. ШЕВЧЕНКО,
член-корр. РАН
Б.М. ШУСТОВ

Editorial Board:

Editor-in-chief
Acad. Dr. Lev M. ZELENYI
Acad. Dr. Anatoly M. CHEREPASCHUK
Dr. Konstantin V. IVANOV
Pilot-cosmonaut Alexander Yu. KALERI
Dr. Olga Yu. LAVROVA
Dr. Alexander A. LUTOVINOV
Deputy Editor-in-chief
Dr. Oleg Yu. MALKOV
Dr. Igor G. MITROFANOV
Acad. Dr. Igor I. MOKHOV
RAS Corr.Member Dr. Igor D. NOVIKOV
Dr. Stanislav P. PEROV
Dr. Konstantin A. POSTNOV
Dr. Mikhail V. RODKIN
Faina B. RUBLEVA
Dr. Vladislav V. SHEVCHENKO
RAS Corr. Member Dr. Boris M. SHUSTOV
RAS Corr. Member Dr. Alexey L. SOBISEVICH
RAS Corr. Member Dr. Olga N. SOLOMINA
RAS Corr. Member Dr. Vladimir A. SOLOVYEV
Pilot-cosmonaut Pavel V. VINOGRADOV
Deputy Editor-in-chief
Dr. Olga V. ZAKUTNYAYA

ТЕЛЕСКОП ART-XC им. М.Н. ПАВЛИНСКОГО ОБСЕРВАТОРИИ «СПЕКТР-РЕНТГЕН-ГАММА»



ЛУТОВИНОВ Александр Анатольевич,

член-корреспондент РАН

Институт космических исследований РАН

DOI: 10.7868/50044394822040016

Телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского, установленный на борту космической обсерватории «Спектр-Рентген-Гамма» («Спектр-РГ», или СРГ), является первым российским зеркальным рентгеновским телескопом. Идея создания такого телескопа принадлежала Михаилу Николаевичу Павлинскому, заместителю директора ИКИ РАН. Он же был руководителем работ по его разработке и созданию и первым научным руководителем. С 2019 г. телескоп успешно работает в космосе, с его помощью уже получены результаты мирового уровня, представленные в нескольких десятках опубликованных научных статей. Ниже и в других статьях этого номера журнала «Земля и Вселенная» будет рассказано как о самом телескопе ART-XC им. М.Н. Павлинского, так и о некоторых научных результатах, полученных с его помощью.

Космическая обсерватория «Спектр-Рентген-Гамма» («Спектр-РГ», или СРГ) – проект Федеральной космической программы России, реализуемый госкорпорацией «Роскосмос» по заказу Российской академии наук с участием Немецкого космического агентства. Обсерватория оснащена двумя уникальными рентгеновскими зеркальными телескопами: ART-XC

им. М.Н. Павлинского (ИКИ РАН, РФЯЦ ВНИИЭФ; Россия) и eROSITA (MPE; Германия). Телескопы установлены на космической платформе «Навигатор» (АО «НПО Лавочкина», Россия), адаптированной под задачи проекта. АО «НПО Лавочкина» также отвечает за баллистико-навигационное обеспечение функционирования обсерватории и за ее управление.

Обсерватория «Спектр-РГ» была запущена на орбиту 13 июля 2019 г. ракетой-носителем «Протон» с разгонным блоком ДМ-03. Этот разгонный блок (производство РКК «Энергия») является одним из основных отечественных разгонных блоков, предназначенных для проведения запусков космических аппаратов (КА) с низкой околоземной на высокоэнергетические орбиты, включая геостационарную, высококруговые и высокоэллиптические орбиты, а также отлетные траектории к Луне и планетам Солнечной системы. Рабочей орбитой обсерватории является окрестность одной из точек Лагранжа (L_2) гравитационно-связанной системы «Солнце – Земля». Это точка, удаленная на расстояние примерно 1.5 млн км от Земли, очень хорошо подходит для проведения обзорных наблюдений, поскольку любой КА, находящийся вблизи L_2 , ведет себя так, как будто вращается на гало-орбите вокруг некоторой массы. Кроме того, в этой точке нет резких скачков «Солнце – тень», она далеко от радиационных поясов Земли, в ее окрестности достаточно стабильные тепловые и фоновые условия. Наконец, взаимное расположение обсерватории, Земли и Солнца позволяют, не прерывая наблюдений, передавать научную информацию, не переориентируя аппарат. Важно отметить, что L_2 является точкой неустойчивого равновесия, поэтому и орбиты вокруг нее также неустойчивые. Таким образом, любому КА на таких орбитах, в том числе, и обсерватории «Спектр-РГ», время от времени необходимо включать двигатели для корректировки орбиты.

Основная научная задача обсерватории «Спектр-РГ» – создание самой подробной «карты» Вселенной в рентгеновских лучах, что должно помочь ответить на важнейшие вопросы космологии и астрофизики: какова история влияния темной энергии и темной материи на формирование крупномас-

штабной структуры Вселенной, какова космологическая эволюция сверхмассивных черных дыр? Для решения этой задачи обсерватория должна будет провести обзор всего неба в рентгеновском диапазоне энергий 0.3–11 кэВ с рекордной чувствительностью. Еще одной задачей обсерватории являются детальные исследования отобранных в ходе обзора наиболее интересных астрофизических объектов и областей неба в режиме трехосной стабилизации в диапазоне энергий до 30 кэВ.

Телескопы, установленные на борту обсерватории и обеспечивающие решение указанных выше задач, используют в своей работе похожие принципы. Оба телескопа оснащены рентгеновскими зеркалами косого падения, так называемой вольтеровской оптикой, и имеют по семь независимых детекторов. Однако диапазон их работы разный. Если телескоп eROSITA работает в более мягком рентгеновском диапазоне 0.3–8 кэВ, то телескоп ART-XC – в более жестком, от 4 до 30 кэВ. Таким образом, оба инструмента логично дополняют друг друга, обеспечивая возможность проведения совместных калибровок и получения научных результатов мирового уровня.

Телескоп ART-XC был разработан Институтом космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН, Москва) и Российским федеральным ядерным центром – Всероссийским научно-исследовательским институтом экспериментальной физики (РФЯЦ–ВНИИЭФ, Саров). Основными элементами телескопа являются семь рентгеновских зеркальных систем и соответствующие им детекторы рентгеновского излучения.

Каждая пара «зеркальная система – детектор» образует модуль телескопа, все модули соосны, что обеспечивает возможность наблюдения ими одного и того же участка неба. Зеркальные системы смонтированы на платформе, расположенной в верхней части кон-

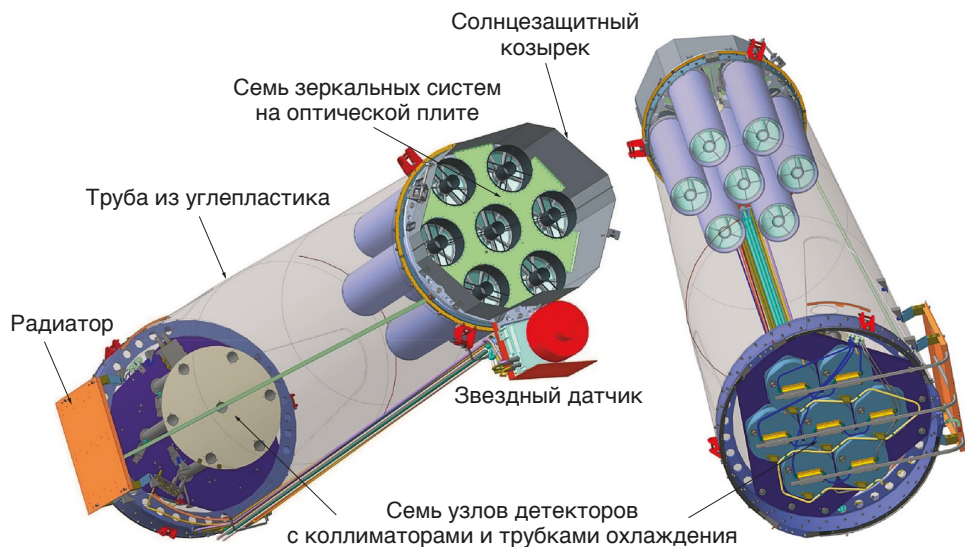


Рис. 1. Устройство телескопа ART-XC: конусообразная труба из углеродного волокна с семью идентичными рентгеновскими зеркальными системами в верхней части. Зеркальные системы фокусируют рентгеновские лучи на семь рентгеновских детекторов

струкции телескопа, а семь рентгеновских детекторов собраны в фокальной плоскости. Детекторы и зеркала помещены внутрь конического корпуса из углепластикового волокна. Верхняя часть этого корпуса покрыта медным экраном, блокирующим рассеянное излучение, приходящее сбоку от зеркальной системы, которое в отсутствие экрана могло бы значительно повысить общий рентгеновский фон детектора.

Рентгеновские фотоны обладают большой энергией, поэтому чтобы отразиться от зеркальной поверхности, они должны попасть на нее под очень малым углом. Поэтому рентгеновские зеркала делают в форме вытянутых оболочек, состоящих из двух частей, имеющих параболическую и гиперболическую формы. Такое сочетание обеспечивает наилучшую фокусировку рентгеновских лучей, а чтобы увеличить число зарегистрированных фотонов, рентгеновские зеркала вкладывают друг в друга, получая таким образом зеркальную систему из нескольких оболочек. В частности, каждая зеркальная система телескопа

ART-XC содержит 28 вложенных зеркальных оболочек.

Они изготовлены из никеля с использованием техники гальванопластики и имеют диаметры, меняющиеся от 49 до 145 мм, а их толщина меняется с радиусом от 250 до 350 мкм. Для того чтобы эффективно отражать рентгеновские лучи, форма зеркал должна быть выдержана с микронной точностью, а точность полировки их поверхностей составляет несколько ангстрем, т. е. сравнима с размером атома. Внутренняя поверхность зеркал телескопа ART-XC покрыта иридием толщиной около 10 нм, что обеспечивает более высокий коэффициент отражения жесткого рентгеновского излучения.

Разработка рентгеновской оптики для телескопа ART-XC, основанной на спецификациях ИКИ РАН, осуществлялась независимо в РФЯЦ-ВНИИЭФ и Маршалловском центре космических полетов NASA (MSFC). Зеркальные системы, разработанные в РФЯЦ-ВНИИЭФ, были установлены в квалификационную модель ART-XC, которая использовалась для испытаний стойкости телескопа

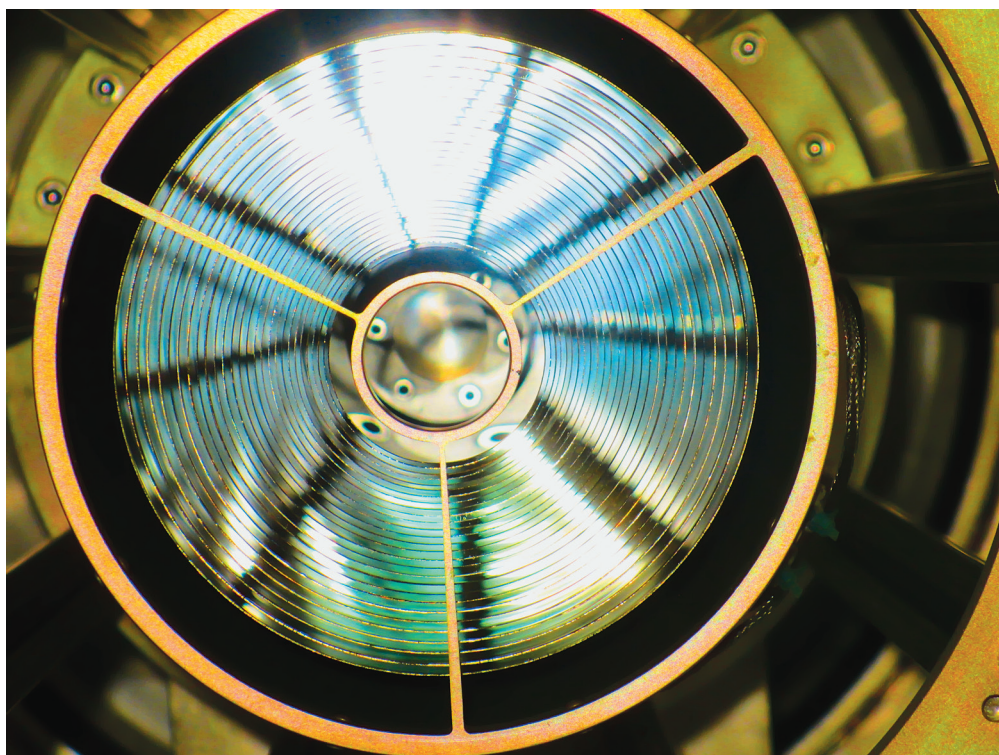


Рис. 2. Одна из рентгеновских зеркальных систем телескопа ART-XC, состоящая из 28 вложенных друг в друга оболочек

к вибрации и износу. Это позволило значительно сократить сроки осуществления проекта ART-XC. Одновременно с этим в MSFC были разработаны, изготовлены и откалиброваны системы рентгеновских зеркал для летной модели телескопа.

Полупроводниковые детекторы на основе теллурида кадмия (CdTe) для регистрации рентгеновского излучения разработаны и изготовлены в отделе астрофизики высоких энергий ИКИ РАН. Комплект детекторов ART-XC включает семь детекторных блоков.

Сам детектор рентгеновского излучения, расположенный внутри блока, представляет собой большую гибридную интегральную схему. Чувствительные элементы детектора изготовлены из высококачественных кристал-

лов CdTe компанией Acrorad (Япония) по заказу ИКИ РАН и имеют размер 30×30 мм и толщину 1 мм. Для того чтобы обеспечить детектору позиционную чувствительность, на обеих сторонах кристалла нанесены электроды в виде полосок. Методом фотолитографии на верхней стороне формируются 48 параллельных полосок (стрипов). Такой же узор формируется на нижней стороне, но он повернут на 90 градусов относительно узора на верхней стороне, что позволяет восстановить две координаты регистрируемого события в плоскости детектора. Ширина стрипов составляет 520 мкм, ширина зазоров между ними – 75 мкм. Стрипы на кристалле подключены к входам двух специализированных интегральных микросхем, отвечающих за обработку

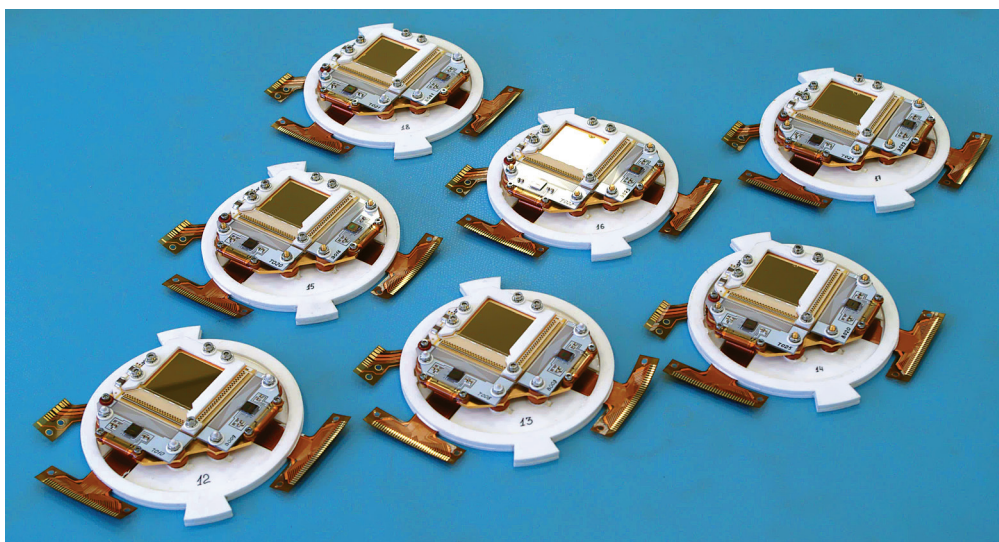


Рис. 3. Чувствительные элементы детекторов телескопа ART-XC в виде гибридных интегральных микросхем

регистрируемых детектором событий. Временное разрешение детекторов составляет несколько десятков микросекунд, что позволяет изучать быстропеременные явления.

Телескоп имеет бортовую систему калибровки, которая используется для определения энергетического разрешения детектора и привязки его шкалы, и систему терморегулирования. Звездный датчик БОКЗ-МФ (производство ИКИ РАН) смонтирован на платформе зеркальных систем в непосредственной близости от зеркал.

К настоящему времени телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского провел четыре полных обзора всего неба. Одним из важнейших результатов 2021 г. стала публикация первого каталога жестких рентгеновских источников, зарегистрированных телескопом по итогам первого года работы – двух полных сканов небесной сферы. В каталог вошли около 870 точечных источников (диапазон 4–12 кэВ), из которых 114 – новые, то есть не наблюдавшиеся ранее, и более 50 протяженных объектов.

Среди зарегистрированных телескопом объектов большое количество активно растущих сверхмассивных черных дыр в ядрах галактик, рентгеновских двойных систем и катаклизмических переменных в нашей Галактике. Для сравнения, инструментам предыдущего поколения, которые работают в жестких рентгеновских лучах, понадобилось около десяти лет, чтобы зарегистрировать такое же число источников. Телескоп ART-XC получил уникально четкую и полную карту неба всего лишь за год, ведь это первый зеркальный телескоп, который способен делать именно обзоры всего неба в жестких рентгеновских лучах. По мере анализа новых данных и увеличения чувствительности обзора будет расти и число обнаруженных им объектов.

После 26 февраля 2022 г., когда телескоп eROSITA был переведен немецкими коллегами в так называемый безопасный режим, российским ученым пришлось оперативно разрабатывать новую программу наблюдений обсерватории «Спектр-РГ», которая позволи-



Рис. 4. Летный образец телескопа ART-XC. На переднем плане видны семь зеркальных систем, закрытых защитными пленками, и звездный датчик. Телескоп укрыт экранно-вакуумной теплоизоляцией

ла бы с максимальной эффективностью использовать возможности телескопа ART-XC. Новая программа предусматривает четыре главных направления исследований.

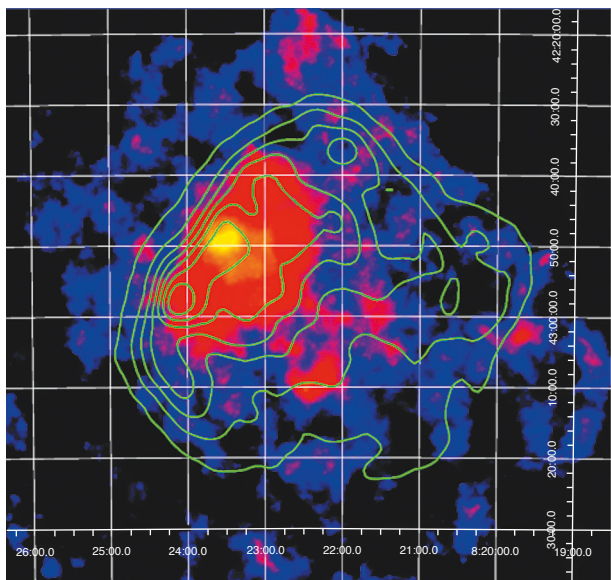
Первое направление – это глубокий обзор плоскости нашей Галактики, где сосредоточено большинство объектов, интересных для исследования с помощью ART-XC. Сканирование осуществляется «змейкой» по квадратам, каждый из которых имеет размер примерно $3^\circ \times 3^\circ$. Каждый день область сканирования сдвигается примерно на один градус.

Второе ключевое направление работы телескопа ART-XC – это картографирование протяженных рентгеновских источников в жестком рентгеновском диапазоне. Широкое поле зрения, высокоточная оптика косого падения и специальные режимы наблюдения позволяют ART-XC получать изображения протяженных объектов на небе, даже если их размеры сильно превы-

шают размер его поля зрения. Благодаря этому, в частности, впервые удалось построить уникально детальную карту остатка вспышки сверхновой объекта Корма А в жестком рентгеновском диапазоне энергий, обнаружить область повышенного энерговыделения. Подобные объекты являются одними из приоритетных целей для детальных наблюдений этим телескопом.

ART-XC продолжает и «охоту» за сильнопеременными источниками – транзиентами, появляющимися на небе, и это третий элемент программы, выполняемой в настоящее время. Важно отметить, что телескоп ART-XC оказался удивительно подходящим для обнаружения вспыхивающих или переменных источников рентгеновского излучения небольшой яркости, которые были бы пропущены другими приборами, наблюдающими небо в этом диапазоне энергий, в силу их худшей чувствительности. Среди новых резуль-

Рис. 5. Детальная рентгеновская карта остатка вспышки сверхновой Корма А, полученная телескопом ART-XC. Изображение уникально с точки зрения энергетического диапазона (выше 4 кэВ) и шириоты охвата остатка сверхновой. Его видимый угловой диаметр составляет примерно 1° . На изображении хорошо видна дугообразная структура с резкой внешней границей и сложной рентгеновской морфологией, которая образовалась в результате взаимодействия сброшенной оболочки звезды с находящимися поблизости плотными молекулярными облаками



татов – пара слабых двойных систем с массивными Ве-звездами и медленно вращающимися нейтронными звездами, новый микроквазар – маломассивная двойная система с черной дырой, в которой рождаются высокоэнергичные релятивистские газовые потоки (струи), уникальная симбиотическая рентгеновская двойная, обнаруженная в момент пылевого выброса, а также несколько катаклизмических переменных.

Четвертое направление – наблюдения миллисекундных пульсаров, которые имеют не только фундаментальный, но и прикладной аспект. Рентгеновские пульсары в качестве далеких «маяков» могут использоваться для автономной навигации в космосе. Уже проведенные эксперименты с помощью телескопа ART-XC позволили достичь пространственной точности определения положения КА порядка 10 км.

Телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского на борту обсерватории «Спектр-РГ» дает замечательный пример того, как российские ученые и инженеры могут создавать космические инструменты мирового уровня, которые позволяют решать не только фундаментальные задачи исследования Вселенной, но и сугубо

практические задачи. Некоторые из полученных результатов телескопа ART-XC описаны более подробно в статьях этого номера журнала «Земля и Вселенная».

Работа обсерватории «Спектр-РГ» и первого российского зеркального рентгеновского телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского на ее борту продолжается, а значит, нас ждет еще множество удивительных открытий!

Данная статья и иллюстративный материал основаны на следующих научных работах:

Р.А. Сюняев и др. (Sunyaev et al. The SRG X-ray orbital observatory, its telescopes and first scientific results), *Astronomy & Astrophysics*, 2021. V. 656, id. A132;

М.Н. Павлинский и др. (Pavlinisky et al., The ART-XC telescope on board the SRG observatory), *Astronomy & Astrophysics*, 2021. V. 650, id. A42;

М.Н. Павлинский и др. (Pavlinisky et al., SRG/ART-XC all-sky X-ray survey: catalog of sources detected during the first year), *Astronomy & Astrophysics*, 2022. V. 661, id. A38;

Р. Кривонос и др. (Krivonos et al., Wide-field X-ray observations of the supernova remnant Puppis A with the SRG/ART-XC telescope), *MNRAS*, 2022. V. 510, p. 3113.

ОБЗОР ВСЕГО НЕБА В РЕНТГЕНОВСКОМ ДИАПАЗОНЕ



БУРЕНИН Родион Анатольевич,

кандидат физико-математических наук
Институт космических исследований РАН



DOI: 10.7868/50044394822040028

Телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского впервые позволяет при помощи фокусирующей рентгеновской оптики проводить обзоры больших участков неба в жестком рентгеновском диапазоне, с максимумом чувствительности около 10 кэВ. Основной задачей таких обзоров является исследование различных астрофизических объектов, мягкое рентгеновское изучение которых может быть подвержено влиянию поглощения. К таким объектам относятся активные ядра галактик (АЯГ), массивные рентгеновские двойные системы, катаклизмические переменные в нашей Галактике.

Первые обзоры всего неба в рентгеновском диапазоне были выполнены в 70-е гг. XX в. американскими обсерваториями *Uhuru* и HEAO-1. Приборы, при помощи которых регистрировалось рентгеновское излучение, представляли собой газовые счетчики, а для того чтобы установить направление прихода рентгеновских фотонов, использовались простейшие коллиматоры излучения, т. е. поле зрения просто ограничивалось участком неба размером в несколько градусов. При помощи таких приборов нельзя было

получить полноценных изображений рентгеновского неба в каждый момент времени. Изображения получаются за счет того, что поле зрения прибора движется по небу, сканируя, таким образом, всю небесную сферу или значительную ее часть. При этом угловое разрешение такого изображения будет очень низким – всего порядка нескольких угловых градусов, поскольку оно в этом случае просто равно углу зрения коллиматора.

Несмотря на простоту этих приборов, с их помощью удалось обнаружить

несколько сотен наиболее ярких источников на рентгеновском небе, что позволило сделать ряд фундаментальных открытий в области астрофизики высоких энергий. Было обнаружено рентгеновское излучение от аккрецирующих черных дыр и нейтронных звезд в двойных системах, рентгеновское излучение сверхмассивных черных дыр в активных ядрах галактик (АЯГ), а также рентгеновское излучение горячего газа в скоплениях галактик. Кроме того, было обнаружено излучение космического рентгеновского фона, а также излучение так называемого «хребта Галактики» – тонкая полоса рентгеновского излучения, расположенная вдоль Млечного Пути.

Значительно повысить чувствительность рентгеновского обзора неба можно только используя рентгеновский телескоп, который имел бы рентгеновскую оптику, позволяющую фокусировать рентгеновское излучение. Первый и до недавнего времени единственный обзор всего неба, полученный при помощи такого телескопа, был выполнен в мягком рентгеновском диапазоне, 0.1–2 кэВ, германской обсерваторией ROSAT в 90-х гг. прошлого века.

В обзоре обсерватории ROSAT на всем небе было обнаружено несколько сотен тысяч рентгеновских источников, что позволило получить огромный объем новых сведений о самых разнообразных астрофизических объектах – от Луны и комет в Солнечной системе до далеких скоплений галак-

тик и квазаров, расположенных на космологических расстояниях, сравнимых с размером наблюдаемой части Вселенной. Эти данные астрономы всего мира используют до сих пор для самых разнообразных астрофизических исследований.

В более жестком рентгеновском диапазоне, на энергиях фотонов выше

6–8 кэВ, построить телескоп с фокусирующей рентгеновской оптикой оказывается гораздо сложнее. Поэтому в течение последних двух десятилетий обзоры всего неба были выполнены при помощи приборов, оснащенных коллиматорами рентгеновского излучения – RXTE и MAXI, а также при помощи телескопов с так называемой «кодированной апертурой» на борту обсерваторий INTEGRAL (ЕКА – Европейское космическое агентство) и Swift (NASA). В будущем значительно увеличить чувствительность обзоров оказывается крайне сложным с технической точки зрения, поскольку требуются телескопы гораздо большего размера и массы. Для того чтобы коренным образом повысить

чувствительность и угловое разрешение рентгеновского обзора, требуется именно телескоп, способный фокусировать рентгеновское излучение.

Телескоп ART-XC (Астрономический рентгеновский телескоп – рентгеновский концентратор) на борту космической обсерватории «Спектр-Рентген-Гамма» («Спектр-РГ», или SRG) является телескопом с фокусирующей рентгеновской оптикой косого паде-

В обзоре обсерватории ROSAT на всем небе было обнаружено несколько сотен тысяч рентгеновских источников, что позволило получить огромный объем новых сведений о самых разнообразных астрофизических объектах – от Луны и комет в Солнечной системе до далеких скоплений галактик и квазаров, расположенных на космологических расстояниях, сравнимых с размером наблюдаемой части Вселенной. Эти данные астрономы всего мира используют до сих пор для самых разнообразных астрофизических исследований.



Рис. 1. Активное ядро галактики (АЯГ) в интерпретации художника. Источник: Интернет

ния, предназначенным для проведения обзоров неба в более жестком рентгеновском диапазоне, от 4 до 30 кэВ. Он был разработан в Институте космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), а также в Российском федеральном ядерном центре – Всероссийском научно-исследовательском институте экспериментальной физики (РФЯЦ–ВНИИЭФ). Через некоторое время после запуска обсерватории, после безвременного ухода из жизни главного создателя телескопа, М.Н. Павлинского, аппарат получил его имя. Это первый рентгеновский телескоп с рентгеновской оптикой косого падения, разработанный и изготовленный в России. Кроме того, это первый телескоп, предназначенный для проведения обзоров больших участков неба в жестком рентгеновском диапазоне,

с максимумом чувствительности около 10 кэВ.

Космическая обсерватория СРГ была запущена 13 июля 2019 г., на ее борту находятся два телескопа, предназначенных для проведения обзоров неба в рентгеновском диапазоне, – телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского и германский телескоп eROSITA, которые дополняют друг друга, поскольку служат для наблюдений в более жестком, 4–30 кэВ, и более мягком, 0.2–8 кэВ, диапазонах рентгеновского излучения соответственно. После серии испытаний, калибровок и проверочных наблюдений обсерватория приступила к обзору всего неба в декабре 2019 г. Летные калибровки и проверочные наблюдения показали практически полное соответствие характеристик телескопа ART-XC тому, что ожидалось на основе модели-

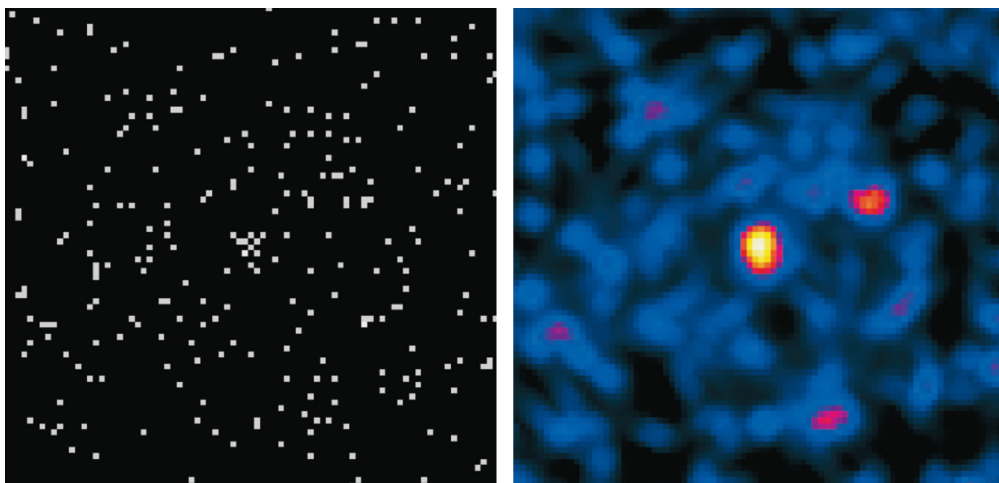


Рис. 2. Пример обработки данных обзоров всего неба телескопа ART-XC. На изображении слева каждая точка обозначает одно событие – фотон в диапазоне 4–12 кэВ, или след от высокоэнергичной заряженной частицы. Свертка с фильтром, который остается оптимальным даже с учетом малого числа событий, а также в условиях того, что фотоны наблюдаются в разных областях поля зрения, где оптика телескопа имеет различные свойства, показана на изображении справа

рований и наземных калибровок. Эти наблюдения подтвердили, что при помощи телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского можно будет получить высокочувствительный обзор всего неба в диапазоне 4–12 кэВ, с максимумом чувствительности, как было сказано выше, около 10 кэВ.

Основной задачей такого обзора является исследование различных астрофизических объектов, мягкое рентгеновское изучение которых может быть подвержено влиянию поглощения внутри этих объектов. К таким объектам относятся активные ядра галактик (АЯГ), массивные рентгеновские двойные системы, катаклизмические переменные. Многие из таких объектов нельзя наблюдать в более мягком рентгеновском диапазоне, поэтому данные телескопа ART-XC являются необходимыми для того, чтобы составить полный каталог таких объектов.

Так, например, сверхмассивные черные дыры в ядрах галактик часто явля-

ются яркими рентгеновскими источниками из-за аккреции на них окружающего вещества. Количество вещества в непосредственной близости к черной дыре не одинаково в зависимости от направления, причем в некоторых направлениях вещества оказывается настолько много, что мягкое рентгеновское излучение может поглощаться в значительной степени или даже практически полностью. Поэтому, наблюдая с разных сторон большое число различных АЯГ, можно составить достаточно полное представление о структуре среднего распределения вещества в непосредственной близости вокруг сверхмассивных черных дыр.

Таким же образом можно изучать и галактические объекты – рентгеновские двойные системы, катаклизмические переменные. Это позволит значительно улучшить понимание того, как устроено распределение вещества в непосредственной близости от нейтрон-

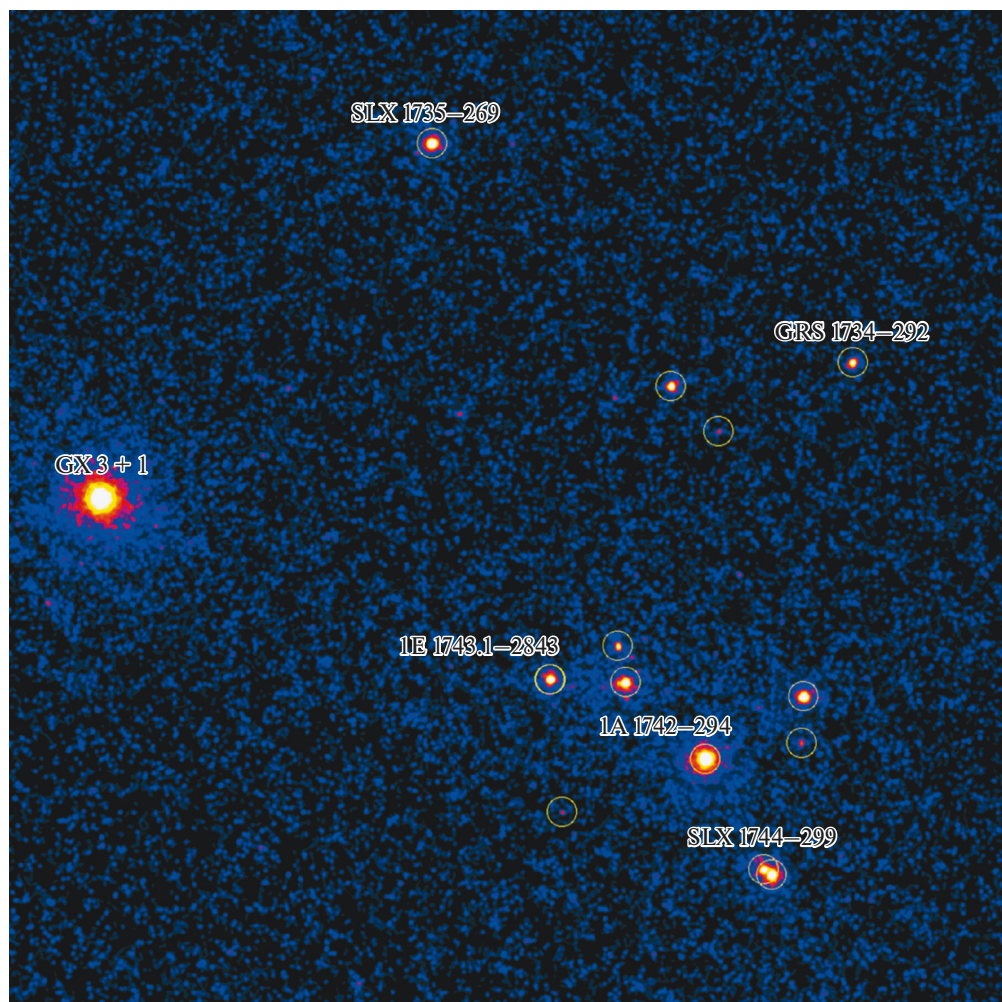


Рис. 3. Пример изображения поля обзора всего неба в области размером $4.5^\circ \times 4.5^\circ$ в области центра Галактики. Кругами обозначены обнаруженные рентгеновские источники

ных звезд и черных дыр в двойных системах. В обзоре телескопа ART-XC будет получена большая и полная выборка из нескольких сотен аккрецирующих белых карликов – катаклизмических переменных. Это позволит на совершенно новом уровне точности изучать модели происхождения и эволюции этих объектов.

Имеется целый ряд очень интересных и важных задач, связанных с изучением рентгеновского излучения раз-

личных протяженных объектов. Так, например, данные телескопа ART-XC дадут возможность уточнить измерения температуры горячего газа в близких богатых скоплениях галактик, изучать нетепловое излучение остатков вспышек сверхновых, провести высококачественное измерение излучения «хребта Галактики», состоящего в основном из излучения большого числа катаклизмических переменных, звезд с активными хромосферами и, воз-



Рис. 4. Наземные оптические телескопы, которые принимают участие в программе оптических наблюдений объектов обзора телескопа ART-XC. Слева направо: 1.5-м Российско-Турецкий телескоп (РТТ-150), 1.6-м телескоп Саянской обсерватории (АЗТ-ЗЗИК) и 6-м телескоп САО РАН (БТА)

можно, излучения горячей межзвездной среды.

Для поиска рентгеновских источников в обзоре телескопа ART-XC применяются передовые методы обработки рентгеновских изображений, которые являются оптимальными даже с учетом очень сложной оптики и фотоприемников телескопа.

Обработка данных обзоров всего неба телескопа ART-XC позволяет получить изображения с оптимально выделенными слабыми рентгеновскими источниками, которые могут быть надежно обнаружены даже по нескольким наблюдаемым фотонам.

Для рентгеновских источники обзора телескопа ART-XC, которые не отождествляются с известными ранее объектами, проводятся наблюдения на оптических телескопах, которые позволяют установить природу объектов. В оптическом диапазоне часто можно получить очень много информации об исследуемых объектах. Для этого используются их оптические спектры, измерения звездной величины, пере-

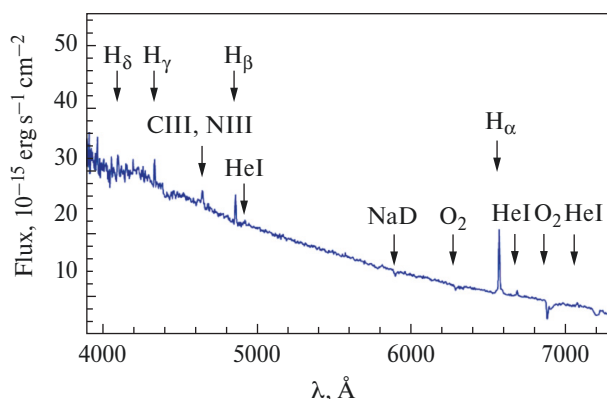


Рис. 5. Пример спектра катаклизмической переменной, которая отождествляется с одним из рентгеновских источников обзора телескопа ART-XC, полученный на 1.6-м телескопе Саянской обсерватории при помощи спектрографа АДАМ

менности и т. п. По характерным линиям излучения в спектре объекта можно определить его тип, а по красному смещению линий – расстояние до внегалактических объектов, таких как АЯГ. Такие наблюдения проводятся на 6-м телескопе САО РАН (БТА), 1.6-м телескопе Саянской обсерватории (АЗТ-ЗЗИК), 1.5-м Российско-Турецком телескопе (РТТ-150).

Летом 2021 г. был подготовлен каталог первого года наблюдений обзора

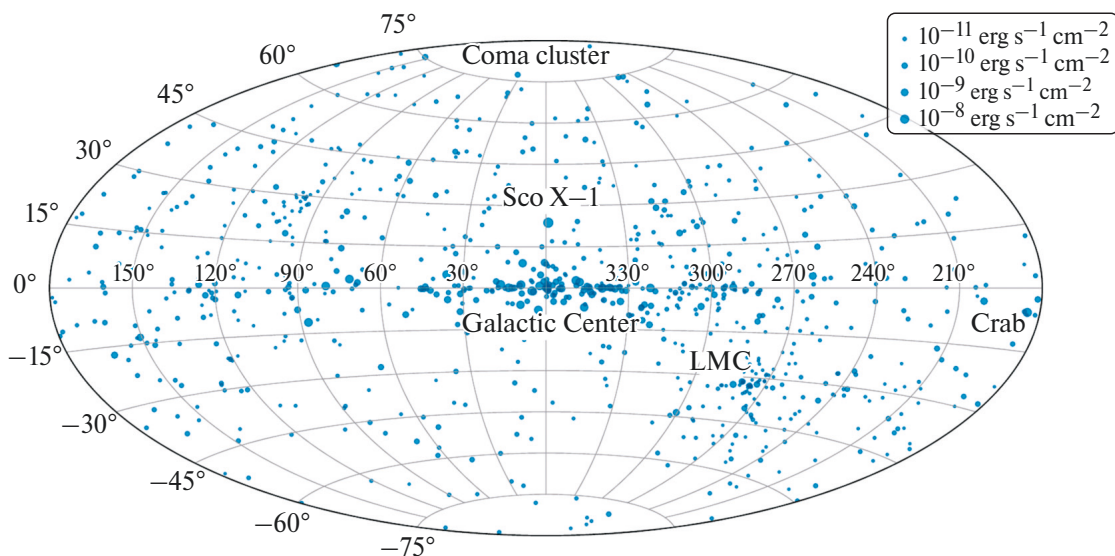


Рис. 6. Распределение по небу рентгеновских источников, обнаруженных в обзоре всего неба телескопа ART-XC в галактических координатах. Размер кружка отражает поток источника

всего неба телескопа ART-XC (декабрь 2019 – декабрь 2020 г.). Этот каталог содержит 867 источников, из которых около 500 являются внегалактическими и представляют собой в основном АЯГ, блазары (АЯГ с релятивистскими струями, направленными в сторону наблюдателя) и скопления галактик, а остальные оказываются объектами в нашей Галактике – катаклизмическими переменными и рентгеновскими двойными системами.

Таким образом, всего за год работы при помощи телескопа ART-XC был получен каталог рентгеновских источников, объем которого сравним с объемом каталогов обзоров обсерваторий INTEGRAL и Swift, прибора MAXI на борту МКС, которые проводились в близких диапазонах энергий в течение от 10 до 20 лет.

К настоящему времени, в течение двух лет наблюдений обсерватория СРГ выполнила уже четыре полных обзора всего неба, в будущем планируется вы-

полнить еще четыре таких обзора, и далее будут проводиться наблюдения отдельных источников и полей. Мы ожидаем, что после четырех лет наблюдений обзор всего неба телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского как по глубине, так и по угловому разрешению значительно превзойдет имеющиеся рентгеновские обзоры всего неба в близких диапазонах энергий.

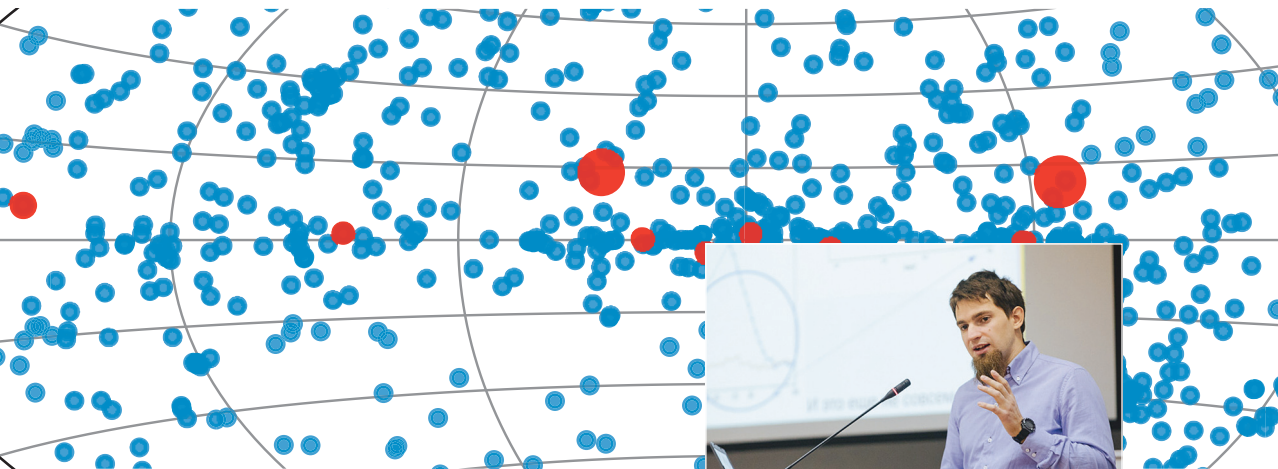
Данная статья и иллюстративный материал основаны на следующих научных работах:

Сюняев Р.А., Арефьев В., Бабышкин В. и др. (Sunyaev R., Arefiev V., Babyshkin V. et al.), *Astronomy & Astrophysics*, 2021, 656, A132;

Павлинский М.Н., Ткаченко А., Левин В. и др. (Pavlinisky M., Tkachenko A., Levin V. et al.), *Astronomy & Astrophysics*, 2021, 650, A42;

Павлинский М.Н., Сазонов С.Ю., Буренин Р.А. и др. (Pavlinisky M.N., Sazonov S.Yu., Burenin R.A. et al.), *Astronomy & Astrophysics*, 2022, 661, A38.

НОВЫЕ СИЛЬНОПЕРЕМЕННЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ В ОБЗОРЕ ВСЕГО НЕБА ТЕЛЕСКОПА ART-XC им. М.Н. ПАВЛИНСКОГО



МЕРЕМИНСКИЙ Илья Александрович,

*кандидат физико-математических наук
Институт космических исследований РАН*

DOI: 10.7868/5004439482204003X

ВВЕДЕНИЕ

Все мы привыкли смотреть на небо и видеть там знакомые созвездия и астеризмы. И действительно, крайне редко на небосводе появляются новые яркие звезды – раз в столетие вспыхивает очередная сверхновая в Галактике, да несколько раз в год появляются новые, впрочем, обычно не такие яркие. А уж представить себе, чтобы какая-то видимая звезда просто погасла и вовсе невозможно. Эти банальные наблюдательные факты объясняются тем, что временные масштабы, на которых в звездах протекают реакции термоядерного синтеза, достаточно

велики и составляют миллионы-миллиарды лет, в течение которых звезды светят стабильно.

С развитием астрономии в XX–XXI вв. человечество получило возможность взглянуть на небо в непривычных для себя диапазонах электромагнитного спектра: от дециметровых радиоволн до жесткого гамма-излучения. Далеко не все такие наблюдения оказалось возможно проводить с поверхности Земли – плотная атмосфера полностью поглощает коротковолновое излучение, из-за чего для работы в УФ-диапазоне, а также в рентгеновских и гамма-лучах пришлось строить специализированные космические обсерватории. Именно успехи этих обсерваторий позволи-

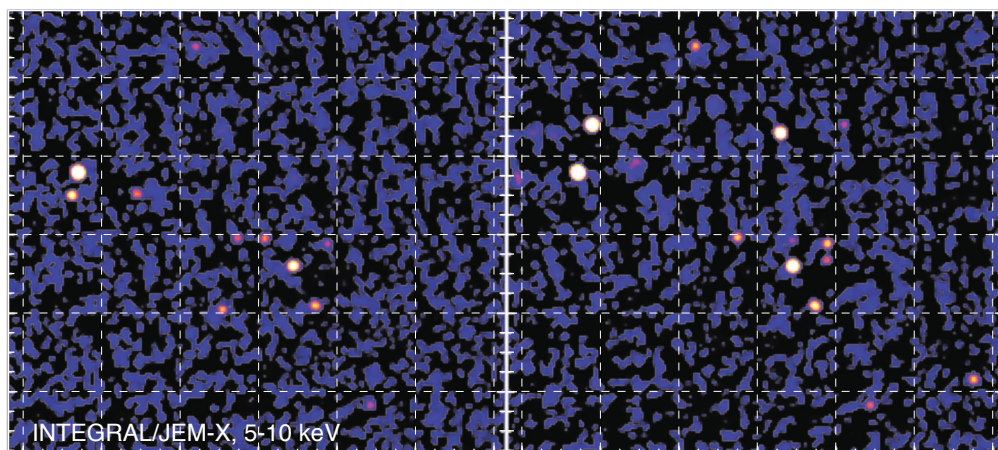


Рис. 1. Карты области Галактического центра, полученные телескопом JEM-X на борту обсерватории ИНТЕГРАЛ в диапазоне энергий 5–10 кэВ. Слева – карта, накопленная за 2007–2008 гг., справа – за 2012–2013 гг. Карты приведены в галактических координатах, центр карты совпадает с началом отсчета координатной системы, размер квадрата координатной сетки 1×1 градус

ли в последние десятилетия подробнее рассмотреть рентгеновское небо, которое оказалось удивительно переменчивым.

И этому тоже есть внятное объяснение. Самый распространенный механизм генерации рентгеновского излучения – аккреция вещества на компактные объекты (черные дыры, нейтронные звезды или белые карлики) – очень эффективен, его удельное энерговыделение более чем на порядок выше, чем у термоядерного синтеза. Из-за этого ярчайшими объектами на небе являются не обычные звезды, которые вообще излучают в рентгеновском диапазоне довольно слабо, а так называемые «рентгеновские двойные» – двойные звездные системы, в которых вещество с обычной звезды перетекает на компактный объект. Перенос вещества оказывается весьма нестабильным процессом, темп которого может меняться на многие порядки буквально за минуты. Все это приводит к тому, что в десятке ярчайших рентгеновских объектов на небе почти ежедневно

случаются перестановки, а примерно раз в год в нее вообще врываются совершенно новые, ранее не известные источники. На рис. 1 приведены две рентгеновские карты самой плотно населенной области на небе, Галактического центра, полученные телескопом JEM-X обсерватории ИНТЕГРАЛ осенью 2007 – весной 2008 г. (слева) и осенью 2012 – весной 2013 г. (справа). Хорошо видно, что большинство источников сильно изменили свой блеск – некоторые вспыхнули, а часть источников просто «выключилась».

Поиск и исследование таких сильно переменных объектов – транзиентов – важен и для исследования процессов аккреции вещества в рентгеновских двойных, и для изучения популяции рентгеновских источников в Галактике. В настоящее время в околоземном пространстве работает несколько экспериментов, специально предназначенных для их поиска. А можно ли искать транзиенты, используя телескопы обсерватории «Спектр-РГ», и если да, то какие?

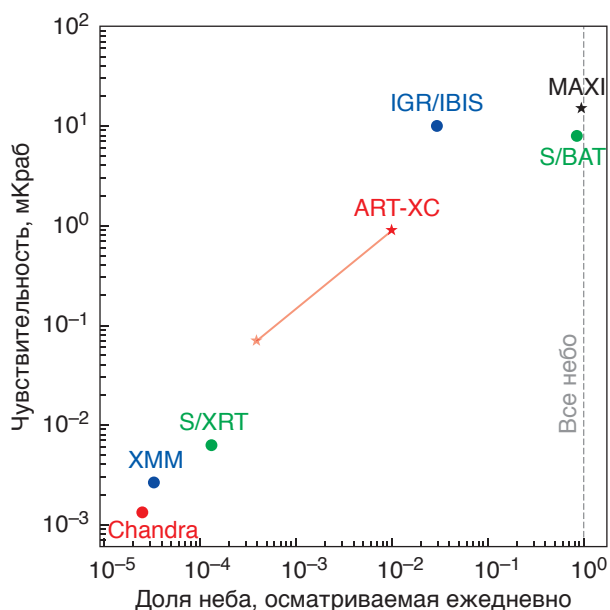
ОБСЕРВАТОРИЯ «СПЕКТР-РГ» И ВОЗМОЖНОСТИ ТЕЛЕСКОПА ART-XC

Главной целью запущенной в 2019 г. российской обсерватории «Спектр-РГ» является проведение обзора всего неба – и не одного, а целых восьми. Для выполнения этой амбициозной задачи на борту обсерватории были установлены телескопы eROSITA (Германия) и ART-XC им. М.Н. Павлинского (Россия) и предложена специальная стратегия наблюдений: в ходе обзора обсерватория вращается вокруг оси Солнце–Земля, совершая полный оборот за 4 часа. Следуя за вращением Земли вокруг Солнца, за полгода обсерватория осматривает все небо. Таким образом, в ходе обзора телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского осматривает примерно 1% всего неба каждый день. Другим важным режимом наблюдений ART-XC является проведение глубоких обзоров с характерной скоростью в ≈ 10 квадратных градусов в день.

Для обоих этих режимов работы комбинация скорости покрытия неба и чувствительности для ART-XC оказывается промежуточной между широкопольными рентгеновскими инструментами, такими как MAXI, *Swift*/BAT или IBIS/ISGRI обсерватории ИНТЕГРАЛ (ESA), и более чувствительными телескопами, оснащенными рентгеновской оптикой косого падения, в первую очередь XMM-Newton (ESA), *Chandra* (NASA) и *Swift*-XRT (NASA). Наглядно это изображено на рис. 2. Это промежуточное положение оказывается неожиданно

интересным – оно позволяет искать (и, как будет показано далее, находить!) объекты, слишком тусклые для того, чтобы быть обнаруженными широкопольными телескопами, и слишком редкими для того, чтобы случайно попасть в поле зрения чувствительных зеркальных телескопов. При этом даже слабые вспышки рентгеновских двойных (с характерной светимостью 10^{35} эрг с^{-1}) ART-XC может выидеть на расстояниях до 10 кпк, то есть в значительной части Галактики, и почти в любой точке ее балджа (центральной области Галактики). А поскольку ART-XC работает в достаточно жестком рентгеновском диапазоне от 4 до 30 кэВ, его чувствительность меньше зависит от количества межзвездной пыли

Рис. 2. Характерные скорости обзора неба и чувствительности для некоторых современных рентгеновских телескопов. Для ART-XC показаны характерные чувствительности в обзоре всего неба (ярко-красная звезда) и в обзоре глубоких площадок (розовая звезда)



в направлении на источник, что важно вблизи плоскости Галактики и в ее центральных областях. Все это делает ART-XC очень подходящим инструментом для поиска этих редких объектов.

Для подробного изучения таких систем, однако, недостаточно только рентгеновских данных, необходимо еще правильно отождествить рентгеновский объект в других диапазонах длин волн, в первую очередь в оптическом. И эта задача также довольно сложна: из-за недостаточной точности локализации, а для слабых источников ART-XC может определять положение с точностью около 15", в число возможных кандидатов могут попадать несколько звезд (а в Галактической плоскости и десятки звезд), между которыми необходимо выбирать. Помочь в решении этой задачи может как второй телескоп обсерватории eROSITA, обладающий лучшим угловым разрешением, так и исследование отдельных звезд из области локализации – сильная переменность, аномальное соотношение оптических цветов или избыток излучения в линиях водорода могут быть указаниями на то, что данная звезда является истинным компаньоном рентгеновского объекта.

После отождествления оптического компаньона начинается его изучение с использованием всего арсенала методов классической астрономии. Наблюдения источников, открытых ART-XC, проводятся на российских телескопах – на 1.6-метровом телескопе Саянской обсерватории, Российско-Турецком 1.5-метровом телескопе, а также на 2.5-метровом телескопе Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ. К наблюдениям особо интересных объектов привлекаются и зарубежные телескопы, в том числе крупнейшие, такие как 10-метровый телескоп SALT

Южноафриканской астрономической обсерватории и 10-метровые телескопы им. Кека на Гавайях.

НОВЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ ДВОЙНЫЕ СИСТЕМЫ

Как уже было сказано, ярчайшие объекты на рентгеновском небе в большинстве своем являются двойными рентгеновскими системами, и именно для их поисков наилучшим образом подходит телескоп ART-XC. Всего за время работы обсерватории были обнаружены около двух десятков новых аккреционных вспышек в таких системах – как в ранее известных, так и в новых.

В частности, весной 2020 г. были обнаружены два интересных рентгеновских транзиента, расположенных не слишком близко к плоскости Галактики. Один из них оказался известным историческим источником 4U 1755-338, открытым еще по данным обсерватории *Uhuru*. Этот источник был активен с момента своего открытия в 1970-х гг. и до 1996 г., когда неожиданно перешел в «тихое» состояние и с тех пор больше не регистрировался. Позже, по данным рентгеновских наблюдений, вблизи положения источника были обнаружены вытянутые протяженные структуры. Таким образом, оказалось, что этот объект является представителем редкого класса «микроквazarов» – систем, в которых аккреция сопровождается мощным струйным выбросом вещества. За десятилетия активности источника релятивистская струя (также называемая джетом) в этой системе успела надуть огромные «пузыри» в межзвездном пространстве размером в несколько парсек, которые и были обнаружены позже.

Второй же источник оказался рентгеновским компаньоном открыто-

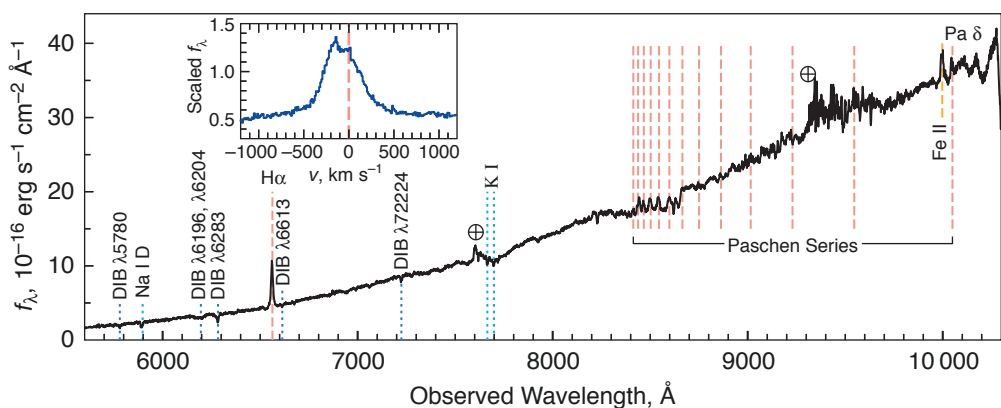


Рис. 3. Оптический спектр SRGA J204318.2+443815, характерные спектральные особенности показаны красными прерывистыми линиями, синими линиями отмечены линии поглощения, возникающие на межзвездной среде. На врезке показан профиль линии H-alpha. Рисунок из статьи Лутовинова и др., 2021

го в конце 2019 г. яркого оптического транзientа AT2019wey, который, впрочем, не привлек к себе особенного внимания. Оптические и радионаблюдения, последовавшие за открытием телескопом ART-XC рентгеновского излучения от AT2019wey показали, что он также является микроквазаром, а интерферометрические наблюдения позволили разрешить компактный радиоджет в этой системе. Оптическая спектрометрия показала, что в видимом свете, кроме вклада многоцветного аккреционного диска, присутствует также и излучение «горячего пятна» на звезде-доноре – области, разогретой жестким излучением, приходящим от компактного объекта. Обнаружение подобных систем на ранних этапах вспышки – большая удача, поскольку это позволяет проследить за совместной эволюцией оптического, рентгеновского и радиоизлучения в микроквазарах.

В конце 2020 – начале 2021 г. были открыты два новых рентгеновских источника, на этот раз проецирующиеся гораздо ближе к плоскости Галактики. В области локализации обоих объектов

попали яркие в видимом и инфракрасном диапазонах звезды, в спектрах которых позже были обнаружены широкие эмиссионные линии водорода (H α). Все это однозначно указывает на то, что данные объекты – рентгеновские двойные, в которых звездой-донором является Ве-гигант с мощным экваториальным ветровым истечением, так называемым декреционным диском. На рис. 3 показан оптический спектр объекта SRGA J204318.2+443815 (SRGA указывает на то, что источник был открыт телескопом ART-XC), полученный спектрометром LRIS на 10 м телескопе им. Кека. Присутствие линий излучения H $_I$, He I, Fe II, а также линий в серии Пашена (Pa7–Pa19) позволило определить спектральный класс звезды донора B0–2e. Показанный на врезке профиль линии H α , измеренный эшелле-спектрометром ESI, подтверждает наличие в системе мощного декреционного диска, характерный масштаб скоростей в котором, судя по измеренному уширению, составляет ≈ 500 км с $^{-1}$. Как правило, компактными объектами в таких системах являются сильнозамагниченные, быстровращающиеся нейтронные

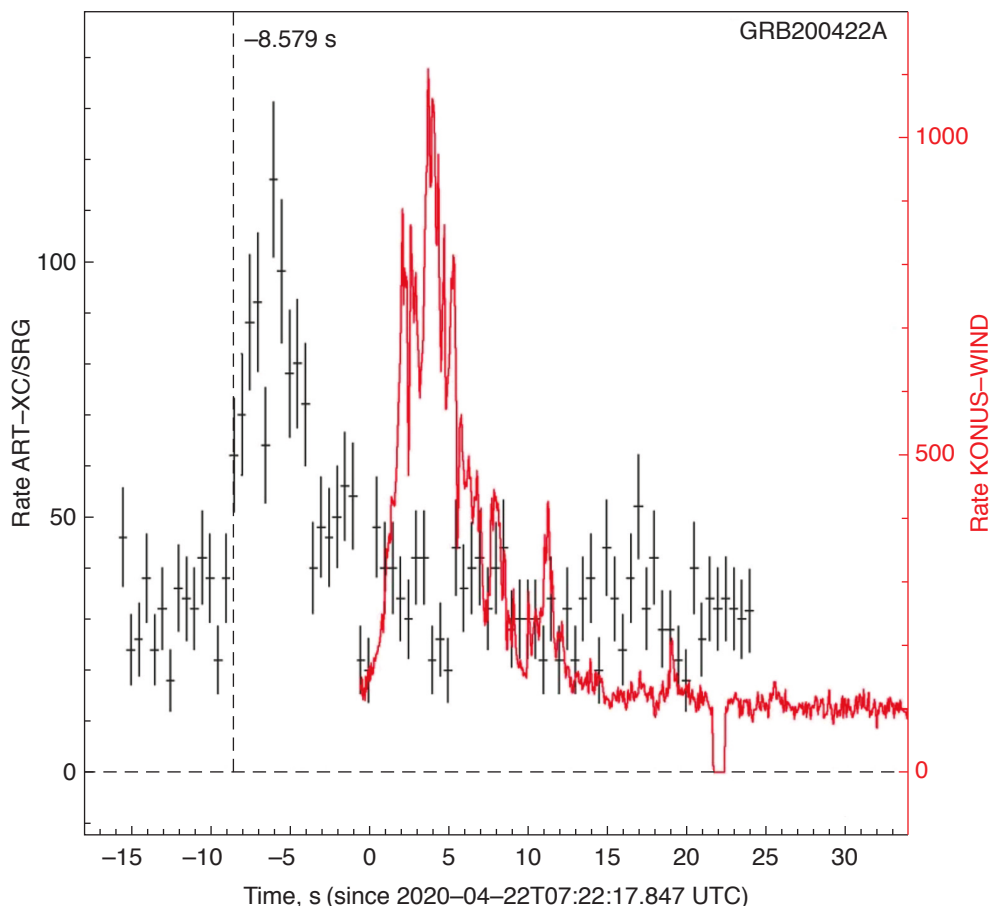


Рис. 4. Полный темп счета детекторов ART-XC (черные точки) и Конус-ВИНД (красные точки)

звезды. Несовпадение оси магнитного диполя, на полюса которого выпадает вещество, и оси вращения нейтронной звезды проявляется для наблюдателя как когерентные пульсации рентгеновского потока. И действительно, для обоих источников такие пульсации были обнаружены – с периодами в ≈ 742 и ≈ 538 с. Стоит отметить что для Ве-систем такие периоды скорее нехарактерно длинные – обычно период вращения НЗ в них составляет единицы–десятки секунд. Обе эти системы, скорее всего, принадлежат к пока малочисленному классу Ве-систем с низкой светимостью

($1...5 \times 10^{35}$ эрг с^{-1}), в которых происходит аккреция из «холодного» (т. е. низко-ионизованного) аккреционного диска. Уже исходя из этих первых открытий, стало ясно, что ART-XC существенно увеличит их выборку, в первую очередь за счет масштабности своего обзора.

ПРОЧИЕ ТРАНЗИЕНТЫ – ТУСКЛЫЕ И ЯРКИЕ

На рис. 5 показаны все источники, зарегистрированные телескопом ART-XC в ходе первых двух полных обзоров

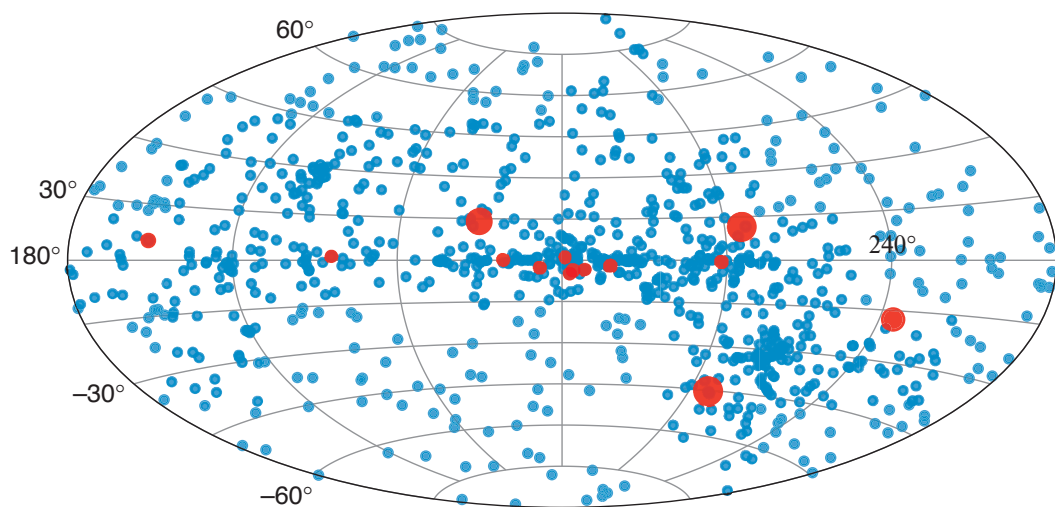


Рис. 5. Карта неба в Галактической проекции с нанесенными источниками из каталога первого года ART-XC (показаны синими точками). Красными кружками указаны рентгеновские транзиенты, обнаруженные ART-XC, причем размер кружка обратно пропорционален расстоянию до источника

неба, а также обнаруженные Галактические транзиенты. Видно, что среди них присутствуют две популяции – далекая, концентрирующаяся к диску, и более равномерно распределенная близкая. С представителями первой популяции мы познакомились в предыдущей части, но что же за объекты составляют вторую?

Если вспышки рентгеновских двойных видны телескопом ART-XC из большей части Галактики, то более слабые объекты будут регистрироваться, только если они происходят недалеко от Солнечной системы, в пределах нескольких сотен парсек. Большинство таких систем – это катаклизмические переменные (КП) – двойные системы, в которых аккреция идет на белый карлик. Поскольку компактность, т. е. отношение массы к радиусу у белых карликов (БК) меньше, чем у нейтронных звезд и черных дыр, то и удельное энерговыделение

будет меньше. Впрочем, таких систем гораздо больше, чем рентгеновских двойных с нейтронными звездами и черными дырами, – по разным оценкам в кубическом килопарсеке вокруг Земли (т. е. в пределах чувствительности ART-XC) подобных систем должно быть тысячи–десятки тысяч, и распределены они в этом пространстве достаточно однородно. Именно поэтому такие объекты обнаруживаются ART-XC «со всех сторон». Около сотни аналогичных объектов было найдено в годовом обзоре, многие как переменные источники.

Благодаря современным оптическим обзорам неба обнаруживаемые ART-XC катаклизмические переменные могут быть легко отождествлены – на каждый из таких источников уже есть долговременная оптическая кривая блеска, а поскольку расстояния до КП в среднем небольшие, то и поглощение на межзвездной пыли

обычно невелико, что упрощает дальнейшие спектроскопические и фотометрические исследования. Эти исследования позволяют измерить ряд важных наблюдательных свойств КП, в первую очередь орбитальный период. Однако некоторые характеристики самого белого карлика, оказывается, удобнее определять по наблюдениям в рентгеновском диапазоне, особенно если у него сильное магнитное поле. Рентгеновский спектр таких объектов позволяет измерять массу БК, радиус его магнитосферы и определять период вращения. Важно то, что эти задачи могут решаться и самим ART-XC во время фазы точечных наблюдений. Таким образом, поиск и отождествление новых магнитных КП создает задел для будущих работ обсерватории.

Наконец, стоит заметить, что кроме КП есть еще одна популяция сильнопеременных источников, распределенная равномерно по всему небу. Это гамма-всплески – мощнейшие выбросы энергии, происходящие при катастрофических событиях, сопровождающих последние секунды жизни звезд. Короткие, продолжительностью менее секунды, всплески рождаются при слияниях двойных нейтронных звезд или систем из нейтронной звезды и черной дыры, а длинные всплески сопутствуют вспышкам сверхновых. Эти события случаются довольно часто, примерно по несколько событий в день на всем небе, однако из-за их малой продолжительности шансы увидеть такое событие в поле зрения для ART-XC крайне низки. Впрочем, как оказалось, эти события достаточно ярки для того, чтобы их излучение было видно в тех случаях, даже когда вспышка происходит не в поле зрения телескопа. Жесткие гамма-лучи с энергиями в сотни кэВ проходят сквозь матери-

ал обсерватории и регистрируются детекторами ART-XC. На рис. 4 показан темп счета детекторов ART-XC в диапазоне энергий 40–100 кэВ. Поскольку эффективная площадь рентгеновских зеркал в этом диапазоне практически нулевая, то в нем регистрируются в основном события, связанные с прохождением заряженных частиц, фон которых в окрестности точки Лагранжа L_2 весьма стабилен. Короткий всплеск темпа счета вызван гамма-всплеском GRB200322A, который произошел в тот момент, когда обсерватория СРГ была повернута к нему «боком». Из-за расположения всплеска на небе и конечной скорости распространения света сигналу понадобилось почти 9 секунд для того, чтобы добраться до другого российского инструмента – прибора КОНУС, установленного на спутнике WIND в точке Лагранжа L_1 . Измеряя задержки между приходом всплеска на приборы, установленные на космических аппаратах, расположенных в разных частях Солнечной системы, можно определять положение гамма-всплеска на небе методом триангуляции, как это делает Межпланетная сеть (IPN).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на то что поиск новых сильнопеременных источников не является основной задачей обсерватории «Спектр-РГ», благодаря выбранной стратегии обзора и своим характеристикам телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского позволяет находить новые Галактические транзиенты разных классов, как в диске Галактики, так и вблизи Солнечной системы, а также регистрировать гамма-всплески. Это открывает новые возможности по изучению их популяций и позволяет исследовать уникальные объекты.

ОТ ТЕОРИИ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД К РЕШЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ КОСМИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИИ



АРЕФЬЕВ Вадим Александрович,

кандидат физико-математических наук

МОЛЬКОВ Сергей Александрович,

кандидат физико-математических наук

ЛУТОВИНОВ Александр Анатольевич,

член-корреспондент РАН

Институт космических исследований РАН

DOI: 10.7868/50044394822040041

Наблюдение нейтронных звезд, в частности, нейтронных звезд с сильным магнитным полем, является одной из основных задач научной программы рентгеновского телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского. Рентгеновское излучение таких источников демонстрирует сильные пульсации, резкое изменение потока и особенности в энергетических спектрах. По данным наблюдений удастся детально исследовать поведение излучения и вещества в сильных гравитационных и магнитных полях. Прецизионные

измерения параметров рентгеновских импульсов позволяют создать систему автономной навигации космических аппаратов по сигналам рентгеновских пульсаров.

НЕЙТРОННЫЕ ЗВЕЗДЫ – ИСТОЧНИКИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

История рентгеновской астрономии началась летом 1962 г., когда в созвездии Скорпиона был открыт ярчайший

рентгеновский объект на нашем небе, получивший название *Sco X-1*. В то далекое лето американская метеорологическая ракета *Aerobee* – «воздушная пчела» – на целых 350 секунд подняла на высоту более 80 км сконструированные будущим Нобелевским лауреатом Риккардо Джиаconi (Riccardo Giacconi) детекторы рентгеновского излучения. Шестьдесят лет спустя такие высоты и такие времена станут обыденными параметрами проектов космического туризма.

Источником рентгеновского излучения оказалась нейтронная звезда в тесной двойной системе с оптическим компаньоном – звездой-карликом 0.4 массы Солнца.

На позднем этапе эволюции массивной звезды, когда ядерное горючее уже выработано и давление излучения не может предотвратить коллапс ядра звезды, при определенных условиях может образоваться нейтронная звезда. С одной стороны, масса коллапсирующего ядра должна превышать предел Чандрасекара, составляющего примерно 1.2–1.4 массы Солнца. При таких массах сила гравитации компенсируется давлением вырожденного электрон-

ного газа, а при меньших массах образуется белый карлик. С другой стороны, масса сжимающегося под действием собственного тяготения ядра не должна превышать предел Оппенгеймера-Волкова, составляющего примерно 2–3 массы Солнца. При больших массах уже формируется черная дыра. Согласно современным теориям, плотность вещества в нейтронных звездах достигает огромных значений – до миллиарда тонн в кубическом сантиметре (2.7×10^{14} г/см³). Считается, что большая его часть состоит из практически полностью нейтронизованного вещества.

Несмотря на то, что нейтронные звезды были открыты более 50 лет назад и за их обнаружение была вручена Нобелевская премия, внутренняя структура этих объектов до сих пор остается загадкой для ученых. Основная проблема состоит в том, что в центрах нейтронных звезд ожидаемые плотности вещества слишком велики.

Массы нейтронных звезд достаточно надежно измерены у ряда радиопульсаров, и приблизительная оценка их размеров позволяет вычислить, что плотности в центрах нейтронных звезд сравнимы с ядерными плотностями. Радиус нейтронной звезды можно оценить, например, в предположении, что скорость вращения поверхности звезды не может быть больше скорости света, что дает верхнее ограничение 70 км.

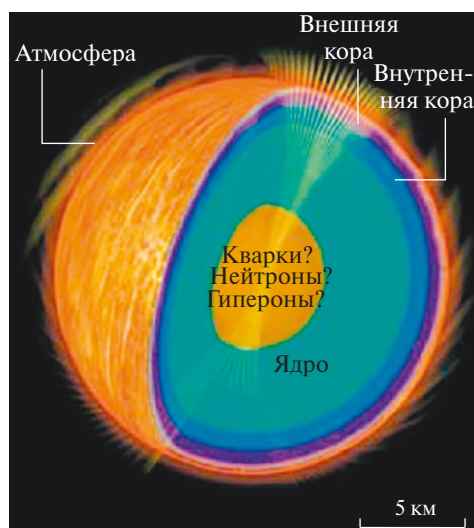


Рис. 1. Схема строения нейтронной звезды. Природа вещества в ядрах нейтронных звезд в настоящее время не ясна. Согласно одной из гипотез, сверхплотные части таких звезд состоят из кваркового вещества или гипотетических частиц гиперонов (барионы, содержащие минимум один *s* кварк, но не содержащие *c* и *b* кварков). Источник: Интернет, доработка авторов

Расчеты структуры нейтронных звезд при помощи современной теории сильного взаимодействия не дают однозначного ответа ввиду отсутствия ясности о поведении вещества при таких высоких плотностях.

Более того, согласно некоторым теоретическим моделям в ядрах нейтронных звезд вещество может не быть нейтронизованным, а перейти в более устойчивое, кварковое состояние.

В связи с наличием таких теоретических разногласий астрофизические методы измерения параметров нейтронных звезд становятся ключевыми для решения фундаментальных задач физики сильных взаимодействий. Как показано, например, в научных работах Сулейманова и др. (2017), определение уравнения состояния такой экзотической формы материи может быть сделано одновременным измерением масс и радиусов нейтронных звезд.

Естественные временные масштабы процессов вблизи нейтронных звезд лежат в миллисекундном диапазоне. Эти масштабы – время свободного падения, наименьший орбитальный период движения вещества вблизи компактного объекта и период обращения самого объекта – несут в себе закодированную информацию о таких фундаментальных характеристиках компактных объектов, как их масса, радиус и угловой момент. При этом характерные температуры вблизи нейтронных звезд таковы, что основной объем информации поступает в рентгеновском диапазоне электромагнитного спектра.

При аккреции (падении) вещества звезды-компаньона в непосредственной близости от нейтронных звезд могут реализовываться экстремальные условия, при которых температура плазмы достигает десятки и сотни миллионов градусов, а магнитные поля – 10^8 – 10^{14} Гаусс. Наиболее информативным для изучения подоб-

ных процессов оказывается рентгеновское излучение, так как именно рентгеновские кванты рождаются вблизи компактных объектов, унося информацию о свойствах материи и пространства-времени, находящихся в экстремальных условиях.

Таким образом, информация о сильных гравитационных полях вблизи нейтронных звезд, а также об уравнениях состояния их сверхплотных центров (нейтронных, кварковых или, возможно, каких-то иных) закодирована в быстрой переменности потока излучения рентгеновских источников. Именно поэтому изучение быстрой переменности рентгеновского излучения является важнейшим инструментом исследования этих компактных объектов.

Изучение рентгеновского излучения от таких источников проводилось разными космическими рентгеновскими обсерваториями, среди наиболее значительных – это *Chandra* (США), *XMM-Newton* и *INTEGRAL* (ЕКА – Европейское космическое агентство). Однако число экспериментов, способных эффективно исследовать быстропеременные источники, невелико. К ним, прежде всего, можно отнести RXTE и NICER (США) и российский телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского (часть российской космической обсерватории «Спектр-РГ» ИКИ РАН).

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ПУЛЬСАРОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕЛЕСКОПА ART-XC

Аккреция вещества на нейтронные звезды – один из наиболее эффективных механизмов генерации излучения в рентгеновском диапазоне. Если магнитное поле нейтронной звезды достаточно сильное, то оно способно



Рис. 2. Двойная система, состоящая из рентгеновского пульсара – нейтронной звезды с магнитным полем – и аккрецирующей на нее звезды-компаньона. В представлении художника. Источник: LISA консорциум

направлять потоки падающего вещества к магнитным полюсам. В этом случае в районе магнитных «шапок» достигаются сверхэкстремальные значения плотности и температуры, и именно там формируется основное рентгеновское излучение. Если магнитная ось нейтронной звезды не совпадает с осью вращения, это излучение приходит к нам не постоянно, а как бы «вспышками» или импульсами, подобно маяку, поэтому такие объекты и получили название рентгеновских пульсаров.

Характеристики российского рентгеновского телескопа ART-XC полностью удовлетворяют условиям наблюдения рентгеновских пульсаров. Этот телескоп обладает широким энергетическим диапазоном 4–30 килоэлектрон-вольт (кэВ; 10 кэВ соответствует примерно 100 млн К), высокой чувствительностью, которая необходима для исследования слабых объектов, одновременно сопровождаемой отсутствием искажений (насыщения) при наблю-

дении ярких объектов, а также высоким временным разрешением детекторов (примерно до 20 мкс).

Все названные характеристики позволяют исследовать рентгеновские пульсары в широких диапазонах светимостей, периодов вращения нейтронных звезд и напряженности магнитного поля.

Свойства наблюдаемого излучения во многом определяются величиной и конфигурацией магнитного поля. Однако измерить магнитное поле нейтронной звезды непросто. Единственный прямой метод – обнаружить так называемые циклотронные линии поглощения в спектре ее электромагнитного излучения. Циклотронные линии излучения нейтронных звезд были теоретически предсказаны российскими учеными Р.А. Сюняевым и Ю.Н. Гнединым. Такие линии – относительно узкие спектральные особенности, возникающие при взаимодействии излучения с электронами, движущимися вдоль силовых линий магнитного поля.

Наблюдаемые энергии этих трудноуловимых особенностей пропорциональны величине магнитного поля и распределены гармонически. Это значит, что, кроме основной линии могут наблюдаться ее гармоники на энергиях, кратных энергии основной линии.

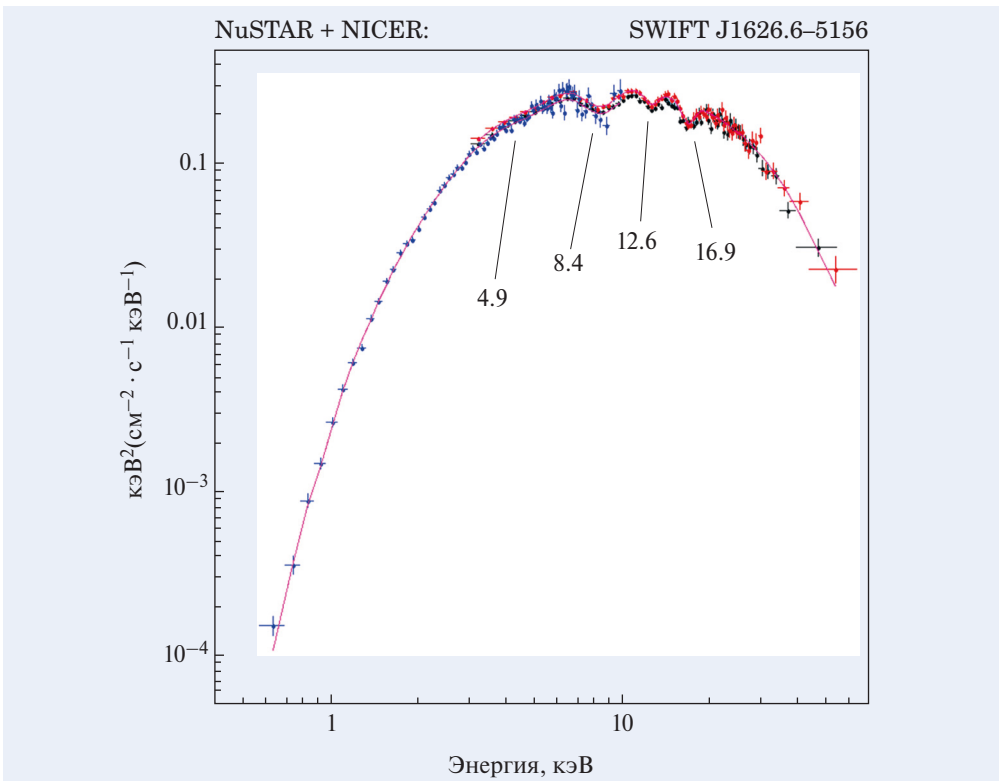
Циклотронные линии обнаружены всего лишь у нескольких десятков пульсаров. При этом обычно наблюдается только одна линия (фундаментальная), поскольку для типичных магнитных полей энергии гармоник оказываются слишком большими, чтобы их могли обнаружить современные телескопы.

До сегодняшнего дня был известен только один пульсар, в спектре которого было обнаружено более четырех

циклотронных линий. Его основная гармоника приходится на энергию около 11 кэВ, и, соответственно, его магнитное поле считалось самым слабым среди известных пульсаров-аккректоров (или аккрецирующих пульсаров, т.е. объектов, захватывающих вещество оптической звезды-донора), магнитные поля которых были определены достоверно.

Этот рекорд был побит благодаря совместной работе ученых ИКИ РАН, Московского физико-технического института и их коллег из научных организаций Германии и Финляндии. В марте 2021 г. в данных японского рентгеновского детектора MAXI на борту Международной космической станции (МКС)

Рис. 3. Спектры рентгеновского пульсара Swift J1626.6-5156 (в энергетических единицах), полученные по данным телескопов NuSTAR и Nicer. Источник: Мольков и др. // *The Astrophysical Journal Letters*, 2021, Vol. 915, Is. 2, id. L27, 8



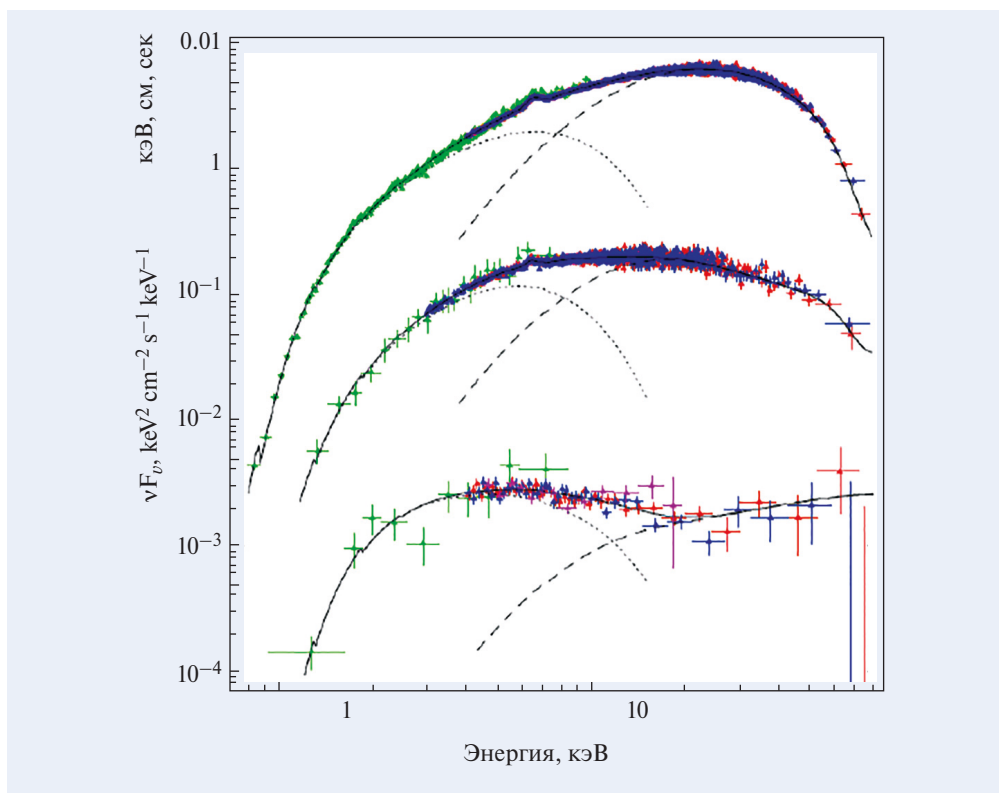


Рис. 4. Суммарные спектры пульсара GRO J1008-57, полученные по данным телескопов ART-XC, NuSTAR, XRT. Источник: Лутовинов и др. // *The Astrophysical Journal*, 2021, Vol. 912, Is. 1, id. 17, 6 p.

было обнаружено, что в направлении малоизученного рентгеновского пульсара *Swift* J1626.6-5156 увеличивается поток излучения. Через несколько дней наблюдения российского телескопа ART-XC подтвердили начало рентгеновской вспышки и то, что она происходит именно в системе *Swift* J1626.6-5156. Этот рентгеновский пульсар с периодом примерно 15 секунд был открыт в 2005 г. во время вспышки, по окончании которой находился в состоянии «покоя» более 15 лет. Результаты телескопа ART-XC послужили обоснованием проведения по заявке российских ученых немедленных наблюдений этого источника американскими орбитальными обсерваториями *NuSTAR* и *NICER*, которые

работают в широком диапазоне энергий с высокой чувствительностью и хорошим энергетическим разрешением.

При анализе энергетического спектра *Swift* J1626.6-5156 были обнаружены четыре гармонически распределенные особенности в поглощении на энергиях, кратных 4.9 кэВ. Эти особенности были интерпретированы как фундаментальная циклотронная линия и три ее высшие гармоники, что соответствует величине магнитного поля на поверхности нейтронной звезды около 4×10^{11} Гаусс. Как показано в статье Молькова и др. (2021), это в несколько раз меньше типичных значений и сегодня является наименьшим среди всех известных рентгеновских пульсаров.

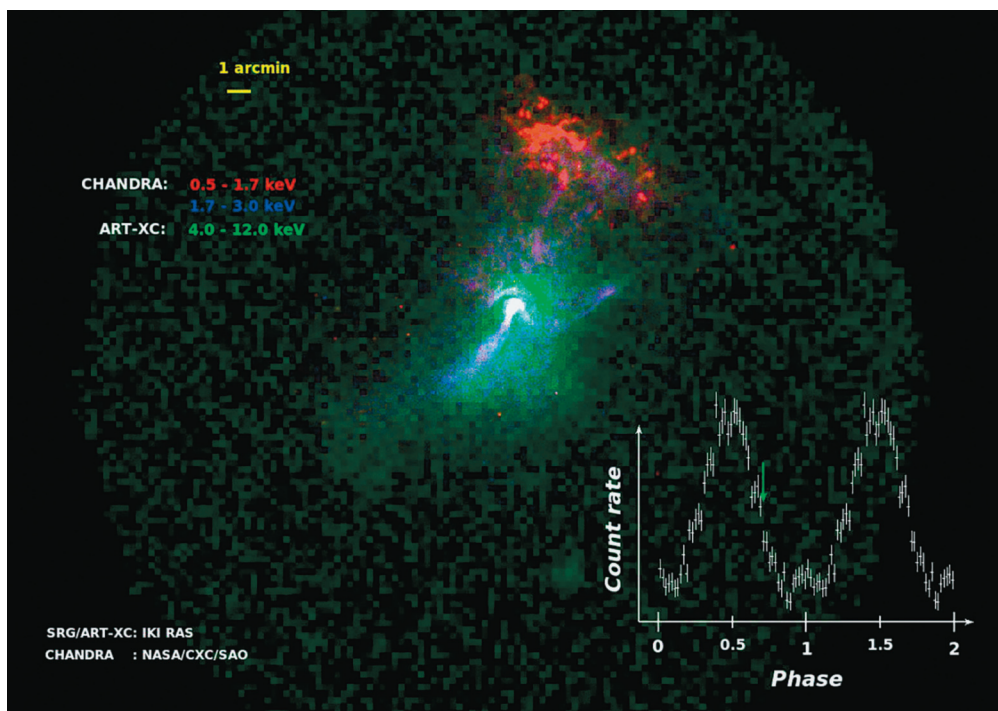


Рис. 5. Композитное изображение пульсара PSR B1509-58 и пульсарной туманности «Рука Бога» в разных энергетических диапазонах. Изображение получено в ходе специализированных экспериментов, проводившихся во время калибровок поля зрения и временных параметров телескопа по данным ART-XC (зеленый цвет) и обсерватории Chandra (NASA) (красный и синий цвета). В нижнем правом углу показана форма сигнала длительностью примерно 150 миллисекунд, регистрируемого телескопом ART-XC, в соответствии с которым меняется наблюдаемая интенсивность излучения пульсара PSR B1509-58. Источник: Мольков и др. 2021 // *The Astrophysical Journal Letters*, 2021, Vol. 915, Is. 2, id. L27, 8 p.

Широкий динамический диапазон телескопа ART-XC позволяет исследовать поведение источников при изменении их светимости на несколько порядков величин, что особенно важно при наблюдении ярких вспышек, когда заметно меняются параметры аккреционного потока.

Телескоп ART-XC во время калибровочных наблюдений впервые зафиксировал пульсации рентгеновского излучения пульсара *GRO J1008-57*, когда пульсар находился в состоянии с исключительно низкой светимостью. Данное наблюдение интересно тем, что аккреция вещества происходит из так назы-

ваемого холодного (т. е. геометрически тонкого, но оптически толстого) аккреционного диска. При этом спектр пульсара при изменении светимости на три порядка величины хорошо описывается комптонизационной моделью с двумя горячими областями, причем параметры более холодной области практически не меняются, в то время как температура горячей области возрастает примерно в три раза при падении светимости на три порядка. Этот результат, полученный в работе Лутовинова и др. (2021), является важным для определения физического механизма генерации рентгеновского излучения пульсарами.

Телескоп ART-XC уже наблюдал пульсары с периодами от десятка миллисекунд до 1 тыс. секунд. Получение профилей импульса 3-миллисекундного пульсара *PSR B1821-24* стало возможным благодаря тщательному техническому анализу, проведенному совместно со специалистами АО «НПО Лавочкина», и разработке модели привязки бортовых часов к всемирному времени, позволившей добиться точности около 0.5 миллисекунды. Таким образом, удалось получить новый замечательный инструмент для проведения высокоточных временных наблюдений, что изначально не предполагали разработчики телескопа и обсерватории «Спектр-РГ» в целом. Теперь в планах исследователей провести наблюдение пульсара с еще более коротким периодом – 1 миллисекунда.

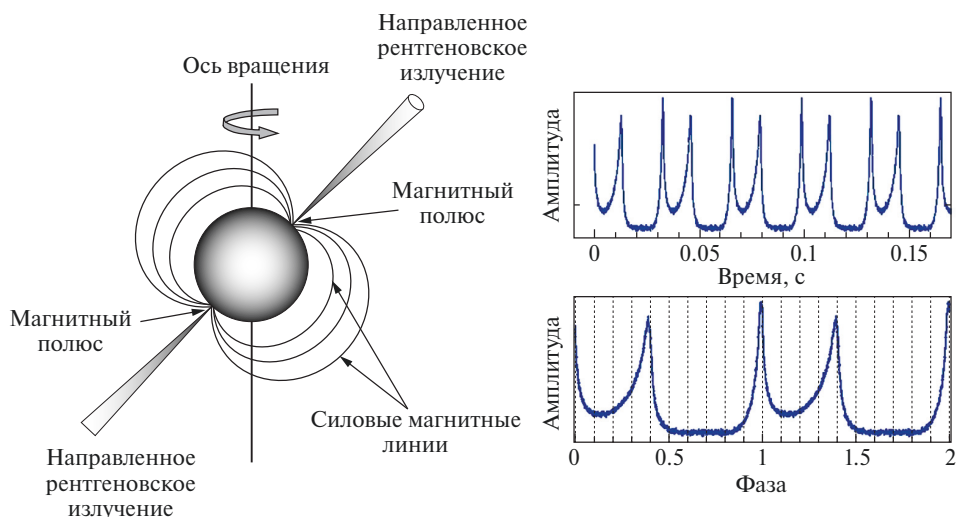
Один из таких миллисекундных пульсаров – *PSR B1509-58* – находится в центре пульсарной туманности, названной из-за своей необычной формы «Рукой Бога».

Таким образом, высокое временное разрешение телескопа ART-XC позволяет проводить детальное изучение рентгеновских пульсаров – нейтронных звезд с сильным магнитным полем.

РЕНТГЕНОВСКАЯ НАВИГАЦИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Наблюдения миллисекундных рентгеновских пульсаров, проведенные телескопом ART-XC, позволили начать разработку элементов навигации космических аппаратов (КА) по рентгеновским пульсарам. Эти наблюдения оказались важными не только для астрофизики, но и для решения прикладных задач космической навигации. Удалось показать, что приемлемые навигационные параметры, используемые для определения положения и скорости КА, можно получать, используя только данные измерений пульсаров. Это открывает возможности для создания системы автономной навигации КА по сигналам рентгеновских пульсаров.

Рис. 6. Нейтронная звезда. Слева – схематическое представление рентгеновского пульсара, справа – пример регистрируемого от пульсара сигнала на временной и фазовой шкалах. Источник: Интернет, доработка авторов



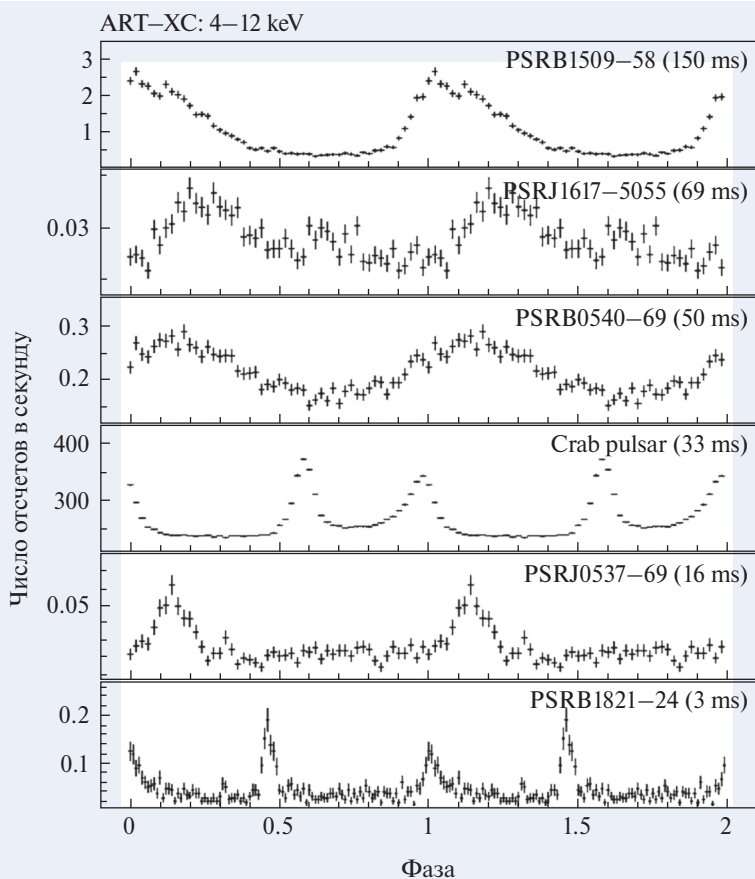


Рис. 7. Профили импульсов нескольких миллисекундных пульсаров, наблюдавшихся телескопом ART-XC. Источник: Мольков и др. // *The Astrophysical Journal Letters*, 2021, Vol. 915, Is. 2, id. L27, 8 p.

Среди всех пульсаров, излучающих в рентгеновском диапазоне, наиболее стабильными являются миллисекундные пульсары – быстровращающиеся нейтронные звезды (частота обращения составляет несколько десятков или сотен оборотов в секунду) с сильным магнитным полем, вызывающим коллимацию рентгеновского излучения, направленного вдоль оси магнитного диполя. Если магнитная ось не совпадает с осью вращения нейтронной звезды, то удаленный наблюдатель будет видеть пульсирующее излучение, аналогичное сигналам маяков.

Стабильность периода вращения таких нейтронных звезд невероятно высока, уход частоты вращения может быть порядка 10^{-15} сек/сек и меньше, что сравнимо с точностью атомных часов. При этом существующая долговременная эволюция периодов вращения, как правило, хорошо известна из многолетних наблюдений и ее можно предсказать с высокой точностью. Импульсы рентгеновского излучения, генерируемые пульсарами, имеют четко повторяющийся профиль, индивидуальный для каждого пульсара.

Основная сложность наблюдений такой быстрой переменности состоит в том, что пульсары находятся так далеко (1–20 кпк), что количество фотонов, приходящих с интересующих нас объектов, очень мало, поэтому необходимо создавать более чувствительные детекторы и увеличивать их эффективную площадь.

Так как рентгеновские пульсары расположены от нас на значительных расстояниях, то с достаточной точностью можно считать, что в пределах Солнечной системы излучение пульсара представляет собой плоскую волну, проходящую по Солнечной системе. Кроме того, в каждой точке пространства можно заранее вычислить, в какой момент ожидается приход максимума импульса от конкретного пульсара. Имея табличные значения ожидаемого момента прихода импульса пульсара в данной точке пространства и сравнив их с экспериментально измеренным значением, можно определить, насколько КА смещен вдоль направления на измеряемый пульсар.

Три пульсара, не лежащие на одном большом круге небесной сферы (т. е. не лежащие в одной плоскости с Солнцем), позволяют сформировать декартову систему координат. Измерив смещение сигналов от таких трех пульсаров, можно восстановить трехмерное положение КА, не привлекая длительные и дорогостоящие измерения с использованием наземных навигационных средств. Проведенные оценки показали, что в условиях непрерывных измерений достигается точность позиционирования КА в пространстве лучше, чем 10 км. В дальнейшем работающая система обеспечивает знание положения КА в пространстве в любой момент времени в пределах этой ошибки.

Для существующих навигационных систем КА все действия по определению и изменению его траектории полета проводятся только при поддержке наземных служб, осуществляющих

точные траекторные измерения. Для решения этой задачи в настоящее время используются вспомогательные наземные или космические средства, расположенные вне КА. Такая разнесенная система имеет как минимум два серьезных недостатка. Во-первых, система обладает повышенной уязвимостью. Так, вывод из строя наземных или космических средств навигационной поддержки означает невозможность выполнения поставленной задачи КА, даже несмотря на то, что все его системы будут функционировать нормально. Во-вторых, имеет место зависимость точности навигационного решения от удаленности КА от средств навигационной поддержки. Для достижения требуемых точностей определения координат и вектора скоростей КА измерения наземными средствами должны проводиться на регулярной основе, требуют наличия специальной аппаратуры и являются дорогостоящими. Также немаловажным ограничением является то, что один наземный пункт управления и слежения может поддерживать лишь небольшое число КА, а потребность в них растет существенно быстрее, чем возможности развития сети наземных станций слежения.

Система рентгеновской навигации может автономно определять не только координаты КА в пространстве, но и его вектор скорости. Как было показано в научных статьях Арефьева и др. (2011) и Ревнивецца и др. (2015), точность определения не зависит от расстояния до Земли и наличия работающих навигационных спутников и одинакова в любой точке Солнечной системы. Это существенно повышает надежность и эффективность в решении ряда целевых задач, а также снижает требования к наземным комплексам управления и существенно уменьшает стоимость их эксплуатационных расходов.

В настоящее время, с развитием новых технологий и появлением реальных возможностей создания отно-

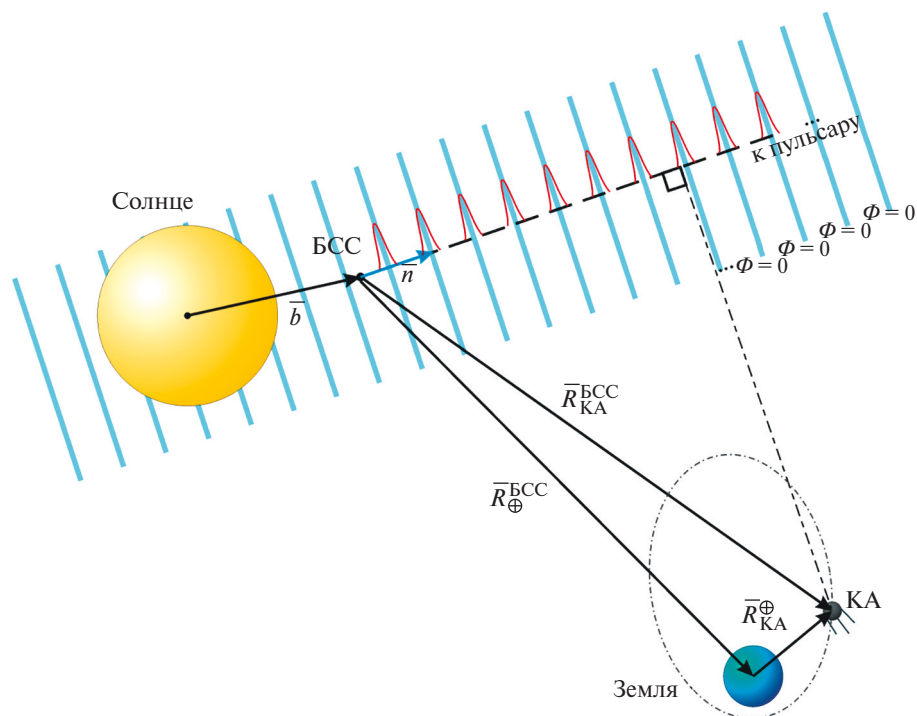


Рис. 8. Схематическое изображение импульсов пульсара, проходящих через Солнечную систему. Источник: Интернет, доработка авторов

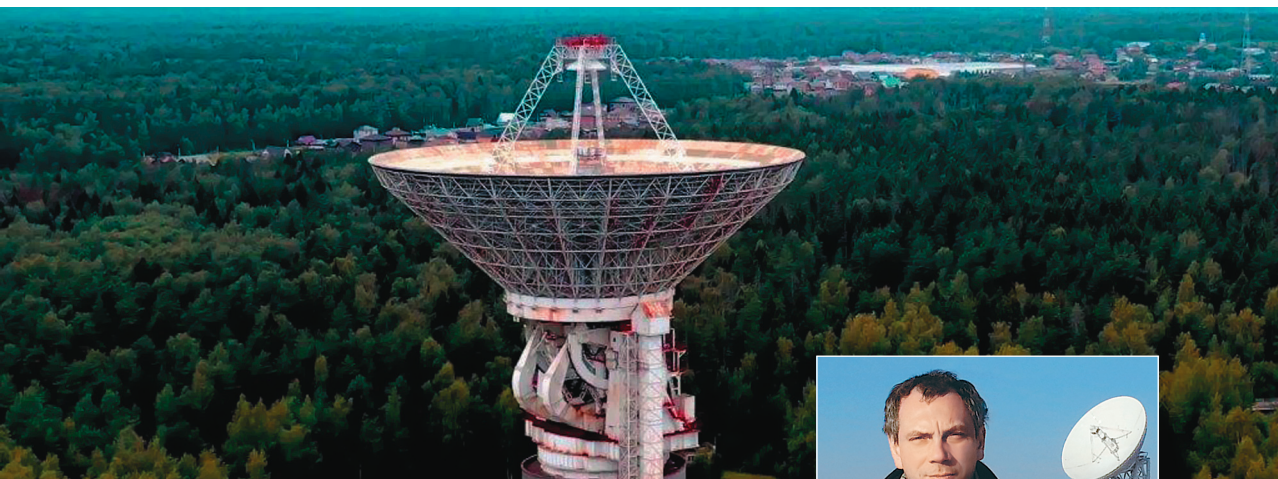
сительно компактных и легких регистрирующих систем, интенсивность работ в области рентгеновской навигации резко возросла в ведущих космических державах, в первую очередь в КНР и США. Навигационные измерения по рентгеновским пульсарам в начале 2000-х гг. были получены спутниками RXTE (NASA) и INTEGRAL (ЕКА – Европейское космическое агентство). Специализированный спутник XPNV-1 для решения задач навигации по пульсарам был запущен КНР в ноябре 2016 г., США испытали на МКС систему регистрации сигналов от рентгеновских пульсаров прибором NICER в ноябре 2017 г.

Технические характеристики российского рентгеновского телескопа ART-XC позволили впервые в России провести эксперименты по автономной навигации КА. В первую очередь, независимым образом по данным измерений сигналов рентгеновских пульсаров была определена точность хода бортовых ча-

сов КА, что необходимо, в том числе для точной привязки положения КА относительно Земли. Успешное проведение эксперимента по рентгеновской навигации с помощью телескопа ART-XC открывает дальнейшие перспективы создания отечественной системы автономной космической навигации.

На основе результатов, полученных телескопом ART-XC, начались проработки новых космических экспериментов по созданию приборов для навигации по рентгеновским пульсарам. Установка такого прибора на КА, запускаемого в дальний космос, позволит существенно повысить надежность и шансы на успех миссии, особенно при подготовке и проведении сложных маневров вдали от Земли (миссии на Марс, Юпитер и к дальним планетам Солнечной системы). Навигация по рентгеновским пульсарам поможет работам по исследованию Луны (особенно ее обратной стороны), упростит полеты к кометам и астероидам.

ЗЕМНЫЕ БУДНИ КОСМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ



НАЗАРОВ Владимир Николаевич,

Институт космических исследований РАН

DOI: 10.7868/50044394822040053



Космический эксперимент состоит из двух сегментов: бортового, включающего в себя сам космический аппарат с его инженерными системами и комплексом научной аппаратуры, и наземного, который обеспечивает различные средства для приема информации с бортового сегмента, ее обработку, а также планирование работы и непосредственное управление бортовым сегментом.

На примере проекта «Спектр-РГ» в статье рассматриваются основные задачи наземного сегмента, его роль в проведении космического эксперимента, конструктивные и функциональные особенности.

Если вы хотите начать заниматься исследованиями космоса и не знаете с чего начать – выйдите в безоблачную ночь на улицу и посмотрите на небо. Так поступали многие люди еще с древнейших времен. С тех пор, конечно, много что изменилось – появились различные приборы для проведения наблюдений, и с развитием технологий они постоян-



но совершенствовались, исследователям открывались новые возможности. Настоящий прорыв в исследованиях космоса произошел с началом космической эры, когда измерительную аппаратуру стало возможно размещать за пределами Земли.

Тем не менее, хотя это может показаться странным, основной объем работ при проведении космического эксперимента осуществ-

ляется на земле. Безусловно, что создание самого космического аппарата и комплекса научной аппаратуры, размещенной на его борту, подготовка ракеты-носителя, пуск и выведение космического аппарата на целевую орбиту, то есть используя принятую профессиональную терминологию, – создание бортового или орбитального сегмента космического эксперимента – необходимы для его осуществления. Но и создание наземной инфраструктуры для управления космическим экспериментом, обработка поступающих результатов и планирование работ также играют ключевую роль в реализации научного космического проекта.

Классическая информационная модель космического проекта описывает его как систему, состоящую из следующих компонент:

- Бортовых оконечных пользователей, или в нашем случае, – приборов, установленных на борту космического аппарата и осуществляющих измерения.

- Бортового компьютера, который обеспечивает получение результатов измерений от приборов, хранение их до момента сеанса связи с Землей, а также передачу на приборы команд управления, которые были получены во время сеанса связи.

- Бортового радиокомплекса, обеспечивающего связь с Землей со стороны космического аппарата.

- Наземного радиокомплекса, который обеспечивает сеансы связи с космическим аппаратом.

- Наземных средств обработки данных, как правило, представляющих собой комплекс из нескольких информационных систем, которые позволяют реализовать весь цикл, от обработки результатов полученных измерений и до подготовки планов работ и непосредственно последовательностей телекоманд (циклограмм) для управления бортовой аппаратурой.

- Наземных оконечных пользователей, т.е. экспериментаторов, которые интерпретируют полученные результаты и планируют дальнейший ход космического эксперимента.

Это достаточно упрощенное описание модели, и за скобками остался целый ряд таких важных задач, как обеспечение функционирования самого космического аппарата, но это выходит за рамки данной статьи.

В общем, проведение космического эксперимента очень похоже и на другие виды человеческой деятельности, например, на добычу полезных ископаемых. Используя бизнес-терминологию, и тот и другой процесс можно

Рис. 1. Базовая информационная модель научного космического проекта

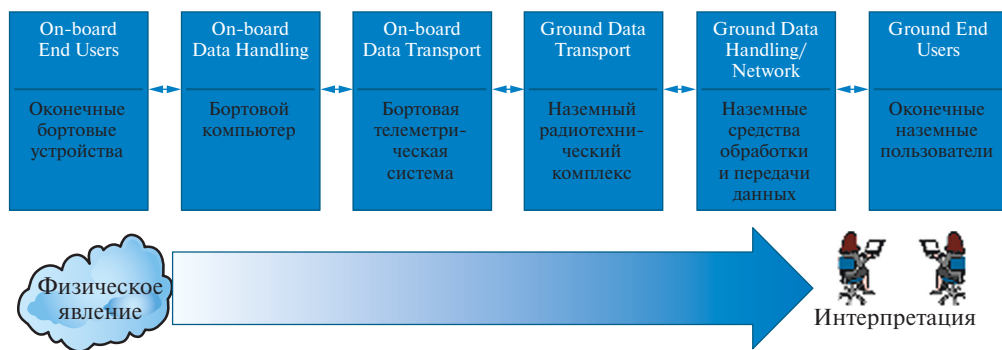




Рис. 2. География наземного сегмента проекта «Спектр-РГ»

назвать цепочкой создания ценностей. В нефтеперерабатывающей промышленности нам нужно вначале добрать-ся до нефти (в случае космического эксперимента мы для этого используем ракеты-носители), перекачать ее для переработки (в «нашем» случае мы используем радиоканал между космическим аппаратом и Землей) и переработать ее в продукты, которые затем предоставить потребителям (чем, в случае космического эксперимента, занимаются наземные системы обработки). В обоих случаях мы получаем новый продукт: например, бензин на автозаправке и новые знания. Основное отличие космических исследований, и проекта «Спектр-РГ» в частности, состоит в том, что исходный ресурс – познаваемая Вселенная – неисчерпаем.

География наземного сегмента проекта «Спектр-РГ» действительно грандиозна – от Уссурийска до Мюнхена, от Москвы до Байконура, и от Медвежьих Озер до Евпатории. И весь этот комплекс работает как единый организм.

Космический аппарат проекта «Спектр-РГ» общается с Землей через Центры дальней космической связи, которые расположены в Уссурийске (на Дальнем Востоке России), на Байконуре (Казахстан), в Медвежьих Озерах

(Московский регион, Россия) и близ Евпатории (Крым, Россия).

Кроме этого, при реализации проекта «Спектр-РГ» было проведено несколько серий технологических экспериментов, в ходе которых научную информацию с борта аппарата принимали также наземные станции Европейского космического агентства (ЕКА), расположенные в Аргентине, Австралии и Испании. В результате этих сеансов связи вся научная информация была успешно принята и передана в российский наземный сегмент проекта.

Информация, которую принимают антенны центров дальней космической связи, в реальном времени поступает в центральный узел Наземного комплекса управления (НКУ) проекта, расположенный в АО «НПО Лавочкина», откуда в темпе поступления передается в Наземный научный комплекс (ННК), находящийся в ИКИ РАН.

Управление комплексом научной аппаратуры проекта осуществляется по обратной цепочке: телекоманды подготавливаются в ННК в ИКИ РАН, передаются в НКУ в АО «НПО Лавочкина», а затем во время сеансов связи отправляются на борт с помощью антенн ЦДКС.

Работу НКУ обеспечивает большое количество организаций Госкор-

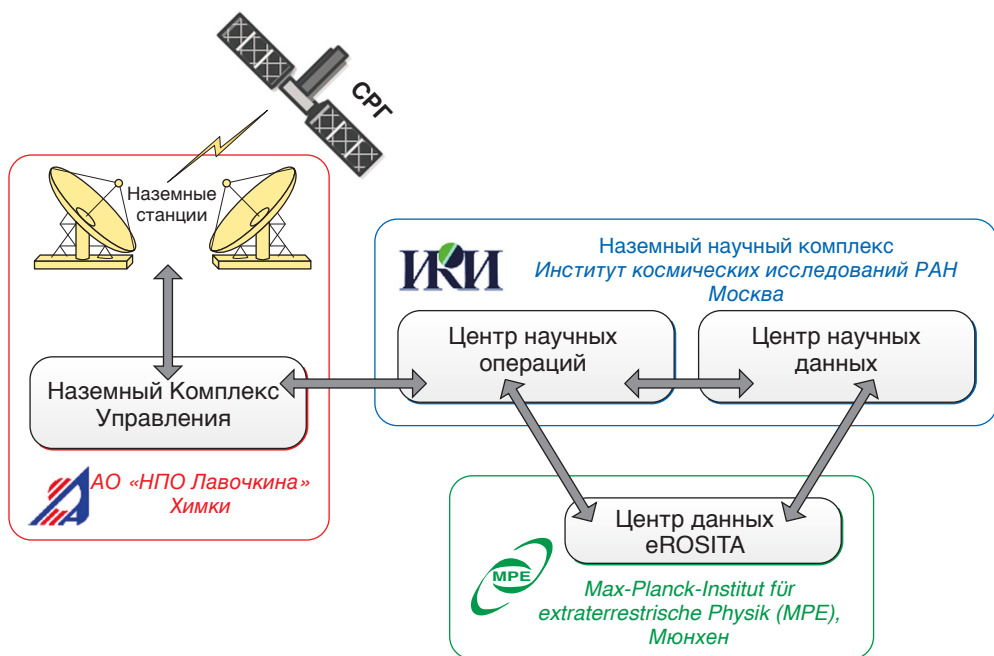


Рис. 3. Информационные потоки для осуществления научных операций в проекте «Спектр-РГ»

порации «Роскосмос». В дополнение к АО «НПО Лавочкина», куда стекаются все информационные потоки, к управлению полетом привлекается ЦУП АО «ЦНИИмаш», работу антенных систем обеспечивают АО «ОКБ МЭИ», АО «РКС» и АО «ЦЭНКИ», к баллистическим расчетам привлекаются баллистические центры АО «ЦНИИмаш» и ИПМ РАН. И это далеко не полный список всех организаций, задействованных в работе НКУ. Подробное описание его работы достойно отдельной статьи, а в этой отдельно скажем о распределении ролей между двумя центрами компетенции в наземном сегменте проекта: НКУ и ННК.

Естественно, что при реализации космического эксперимента желательно получить максимальный научный эффект. Для этого необходимо иметь возможность оперативно менять режимы работы научной аппаратуры в зависимости от получаемых результатов, адаптировать их к текущим условиям.

Зачастую наиболее значимые результаты получаются при работе на предельных режимах не только комплекса научной аппаратуры, но и космического аппарата в целом. Поэтому эти два центра компетенции по проведению научного космического проекта, один из которых отвечает за жизнеобеспечение космического аппарата в целом, а другой – за реализацию научной программы, находятся в постоянном диалоге по выработке оптимальных планов работ. При реализации проекта «Спектр-РГ» было немало примеров крайне успешных совместных кампаний этих центров, что в результате и приводит к получению столь значимых результатов космической обсерватории.

Обсуждая принципы функционирования Наземного научного комплекса (ННК), можно отметить его две основные задачи: ННК должен получить телеметрическую информацию с результатами измерений и передать набор

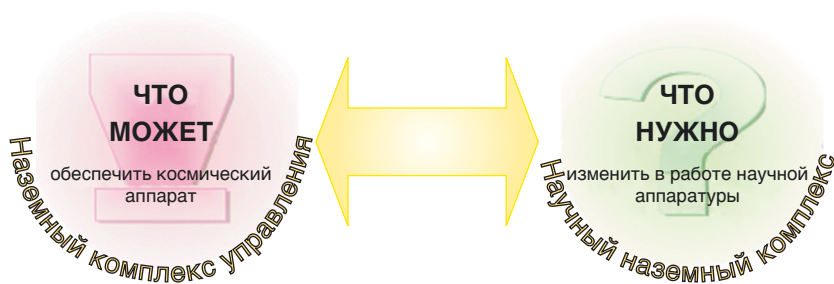


Рис. 4. Взаимодействие НКУ и ННК

телекоманд (так называемую циклограмму) управления комплексом научной аппаратуры. Однако это лишь «надводная часть айсберга», потому что для выполнения этих двух основных задач необходимо реализовать достаточно сложный комплекс процедур.

Поступающая информация (down-link) обрабатывается в несколько этапов. Упрощенно общую схему работы с ней можно описать следующими этапами: прием, обработка (которая тоже представляет собой многоступенчатый процесс, включающий различные уровни обработки), отображение информации и ее долговременное хранение.

Процесс подготовки финального набора телекоманд управления осуществляется в несколько стадий: долгосрочного, среднесрочного, краткосрочного планирования и оперативного управления. На этапе долгосрочного и среднесрочного планирования, в основном на основе апостериорных данных осуществляется подготовка, а затем уточнение базовой схемы проведения научных экспериментов. На основе сформированных на этих этапах планов работ, а также с учетом результатов последних измерений на этапе краткосрочного планирования подготавливается конкретная программа управления, которая реализуется на стадии оперативного управления, т.е. по ходу проведения сеанса связи.

Безусловно, что у каждого из телескопов, входящих в состав комплекса научной аппаратуры обсерватории «Спектр-РГ»: ART-XC им. М.Н. Павлинского и eROSITA, – есть свои особенности работы. Обработкой результатов, специфичной для каждого из телескопов, а также подготовкой их программ работы занимаются в Центре научных данных из состава ННК, расположенном в ИКИ РАН в Москве (для телескопа ART-XC), и в Центре данных eROSITA, расположенном в Институте внеземной физики Общества Макса Планка в Мюнхене.

В целом научный космический проект представляет собой достаточно сложный большой организм, в кровеносной системе которого пульсируют результаты экспериментов и наблюдений.

Объем получаемых научных данных – один из ключевых показателей проекта. Он иллюстрирует ход его реализации. Подробный рассказ обо всех событиях, произошедших в проекте «Спектр-РГ», занял бы слишком большой объем, поэтому ограничимся лишь двумя наиболее значимыми эпизодами.

После запуска проекта 13 июля 2019 года и начала путешествия в окрестность точки L_2 первым приступил к работе телескоп ART-XC. На этой начальной стадии проводились постепенное включение различных элементов телескопа, его настройка и калибровка. После завершения основных

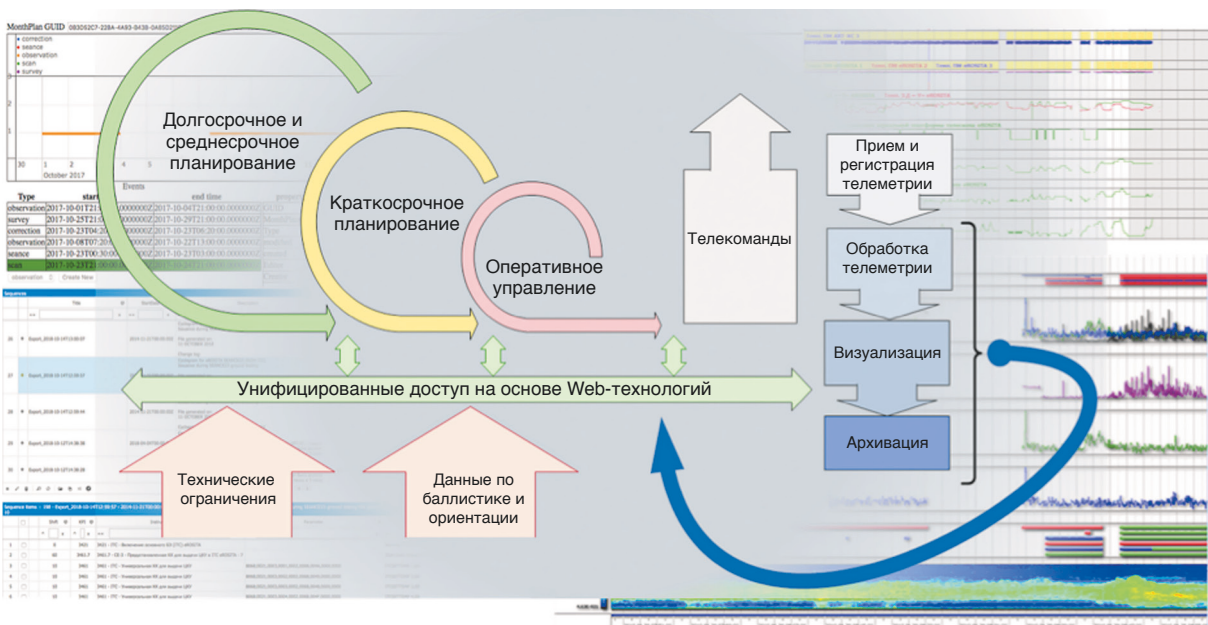


Рис. 5. Рабочие циклы наземного научного комплекса

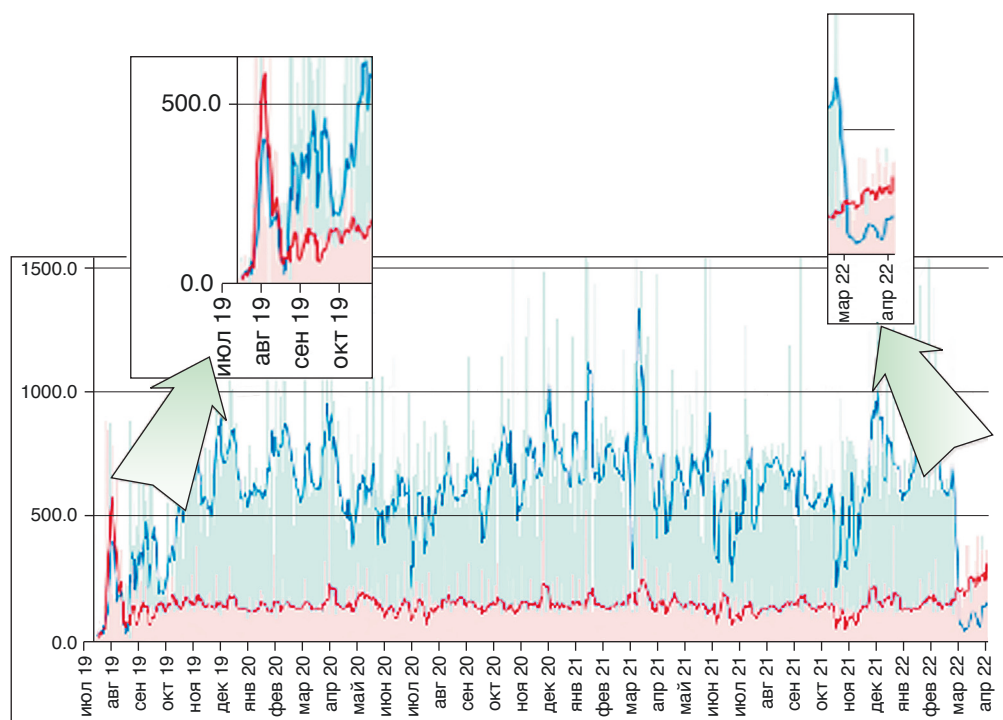


Рис. 6. Ежедневный объем принимаемой научной информации (в мегабайтах) с телескопов ART-XC им. М.Н Павлинского (красный цвет) и eROSITA (синий цвет)



Рис. 7. 65-метровая антенна ОКБ МЭИ, расположенная в Медвежьих Озерах, которая входит в НКУ проекта «Спектр-РГ»

Авторы статьи с сожалением отмечают, что 26 февраля 2022 года специалисты германского Центра данных eROSITA по указанию своего руководства перевели телескоп eROSITA в «спящий режим».

С этого момента и по настоящее время (30 июня 2022 г.) все детекторы отключены. Научные измерения не производятся. Однако российские и германские специалисты проводят ежедневные работы по обеспечению его температурного режима и других системы жизнеобеспечения телескопа eROSITA

подготовительных работ с ART-XC приоритет был отдан телескопу eROSITA для выполнения аналогичных процедур по подготовке к работе, после чего началось выполнение номинальной научной программы согласованной научными группами обоих телескопов.

После 26 февраля 2022 года, когда eROSITA прекратил научные наблюдения и перешел в «спящий режим», телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского стал главным инструментом observa-

тории «Спектр-РГ». Главной целью исследований стали объекты Вселенной, наиболее интересные для ART-XC, что привело к существенному росту объемов получаемой им информации.

При этом и российские и германские специалисты не оставляют телескоп eROSITA «на произвол судьбы», отслеживают его состояние, при возникновении сбоев восстанавливают его работу. Так, например, 26 марта 2022 года, предположительно, из-за попадания высокоэнергетических частиц произошел сбой в работе системы термостабилизации eROSITA. Возник риск, что телескоп просто замерзнет и выйдет из строя, но в результате совместной работы проблема была решена и eROSITA переведен в безопасный режим.

Уникальные научные результаты, которые получает обсерватория «Спектр-РГ», вдохновляют всех участников этого проекта. Благодаря их энтузиазму удастся преодолевать все проблемы, периодически возникающие, как и в любом космическом проекте, и обеспечивать стабильное продолжение миссии.

«ТЯНЬВЭНЬ-3» ДОСТАВИТ ГРУНТ МАРСА

ЛИСОВ Игорь Анатольевич,

портал «Новости космонавтики»

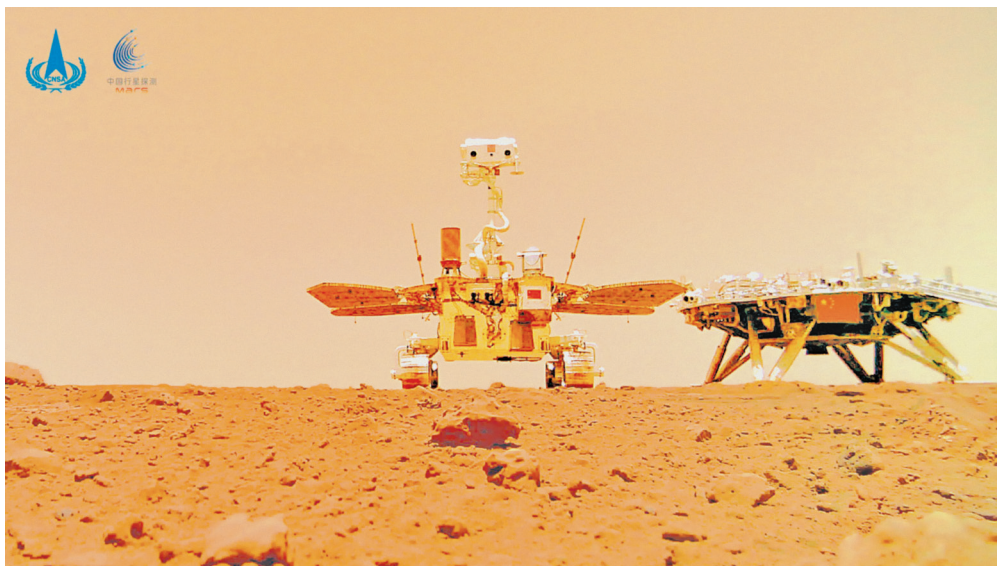
DOI: 10.7868/50044394822040065

Оригинал статьи опубликован на портале «Новости космонавтики» 21.06.2022
<https://novosti-kosmonavтики.ru/articles/83953.html>. Публикуется с любезного разрешения автора.

20 июня 2022 г. на научной конференции по случаю 120-летия Нанкинского университета были оглашены подробности двух предстоящих межпланетных полетов Китая в рамках программы исследования Солнечной системы «Тяньвэнь».

Напомним, что в ходе реализации проекта «Тяньвэнь-1» (天问一号) 23 июля 2020 г. с космодрома Вэньчан

носителем CZ-5 к Марсу был отправлен космический комплекс, включающий орбитальный аппарат и посадочный аппарат с марсоходом. 10 февраля 2021 г. он успешно вышел на орбиту спутника Марса, а 15 мая был осуществлен спуск и выполнена мягкая посадка на Марсе на равнине Утопия. 22 мая марсоход «Чжужун» (в английском написании *Zhurong*) сошел с посадочной



Марсоход «Чжужун» рядом с посадочной платформой. После схода с платформы марсоход отошел от последней примерно на 10 м, опустил на поверхность беспроводную камеру и вернулся обратно в кадр. Таким образом и получился этот снимок. Источник CNSA

ступени на поверхность Красной планеты и приступил к ее исследованиям. К 6 мая 2022 г. он прошел 1921 м в общем направлении на юг от точки посадки и с 20 мая находится в зимней «спячке», из которой должен выйти в декабре.

Три следующих китайских межпланетных проекта были анонсированы в апреле 2018 г. с общим сроком реализации до 2030 г.:

- миссия к астероиду с целью его исследования и доставки на Землю образцов грунта;
- большая экспедиция к Марсу с целью доставки на Землю образцов вещества Красной планеты;
- изучение системы Юпитера, включая атмосферу, магнитное поле и плазменную оболочку планеты, а также исследование его наиболее крупных спутников.

Второй проект первоначально имел собственное имя «Чжэн Хэ» (鄭和) в память о знаменитом китайском мореплавателе и дипломате начала XV века. В первоначально объявленном варианте он предусматривал доставку образцов с астероида 2016 HO3 и дальнейший полет к комете Эльста-Писсарро (133P). В ходе дальнейшей проработки баллистическая схема полета была частично пересмотрена, а сам он получил регулярное имя «Тяньвэнь-2».

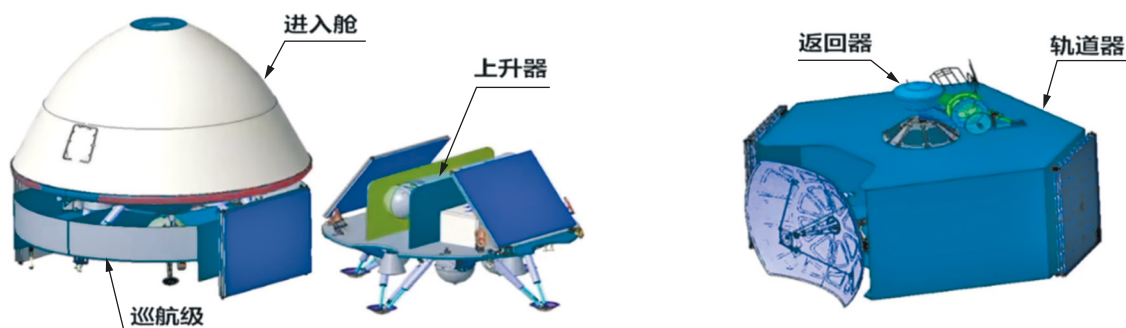
Как сообщил 13 мая 2022 г. главный конструктор программы исследования Марса Чжан Жунцяо (张荣桥), проект переведен на этап детального проектирования, изготовления и испытаний летного образца. Старт планируется в 2024 или 2025 г. с космодрома Сичан на носителе CZ-3В. Весь полет рассчитан примерно на 10 лет; максимальное удаление от Земли составит 500 млн км, а время распространения радиосигнала – 28 минут.

Главной целью экспедиции остался астероид с временным обозначением

2016 HO3, постоянным номером 469219 и именем Камооалева (Kamoʻoalewa). Это крохотное небесное тело диаметром от 40 до 100 метров обращается вокруг Солнца синхронно с Землей, так что расстояние от него до нашей планеты изменяется в пределах от 14.5 до 38 млн км. Помимо доставки и исследования вещества астероида в земных лабораториях, в ходе полета будут изучаться характеристики и механизмы эволюции подобных сверхмалых тел и их взаимодействие с солнечным ветром.

Имея интеллектуальную систему управления и используя средства автономной навигации и электроракетные двигатели малой тяги, «Тяньвэнь-2» должен достичь окрестностей астероида и выполнить торможение в 30 000 км от цели. Сблизившись до 2000 км, он окончательно уравнивает скорости и начнет подход к цели на скорости 2 м/с. Посадка предусмотрена на опоры («ноги») с якорными устройствами для удержания на поверхности астероида. Чтобы свести к минимуму моменты инерции аппарата и риск неконтролируемого зацепления за поверхность, две большие, общей площадью 34 м², солнечные батареи выполнены в виде круглых вееров диаметром 4.7 м, как это сделано на американском пилотируемом корабле *Orion*.

С поверхности астероида будет взято от 200 до 1000 граммов вещества, которое будет погружено в контейнер возвращаемой капсулы. Отделившись от 2016 HO3, аппарат вернется к Земле примерно через 2.5 года после старта и сбросит на подлете капсулу диаметром 0.75 м, которая войдет в атмосферу со скоростью 12.1 км/с и доставит груз на территорию Китая. На последнем этапе предусмотрен ввод парашютной системы на сверхзвуковой скорости $M = 2.0-2.4$ и вертолетный подхват.



Основные компоненты комплекса «Тяньвэнь-3». Источник <https://forum.nasaspacesflight.com/>

Основной аппарат, пройдя над Землей с гравитационным маневром, будет направлен к еще одному необычному объекту Солнечной системы. Он был открыт в 2013 г. в обзоре автоматическим телескопом PANSTARRS как комета и получил «кометное» обозначение 311P, но по параметрам орбиты (наклонение 4.97° , перигелий 1.94 а.е., афелий 2.44 а.е.) может классифицироваться как астероид. Достигнув цели, «Тяньвэнь-2» выйдет на орбиту вокруг 311P и будет изучать свойства и поведение этого «активного астероида» в течение по крайней мере одного года.

Стоит отметить, что один из приборов китайского аппарата – детектор частиц и солнечного ветра – должен быть поставлен Институтом космических исследований РАН.

Полет к астероиду и комете, в общем-то, выглядит легкой разминкой перед третьей межпланетной миссией Китая, которая предусматривает доставку в близком будущем образцов грунта с Марса.

Комплекс «Тяньвэнь-3» строится по образу и подобию «Чанъэ-5», который успешно доставил лунный грунт в декабре 2020 г. Он также будет состоять из двух основных сборок – посадочной и орбитально-возвратной, причем их не удалось вписать в лимит полезной нагрузки наиболее мощного доступ-

ного носителя CZ-5, так что два компонента будут запущены раздельно. Более тяжелая орбитально-возвратная сборка рассчитана на CZ-5 и включает орбитальный аппарат и возвращаемую капсулу. Более легкая посадочная сборка включает собственную перелетную ступень, посадочный аппарат и взлетную ракету. Для ее запуска достаточно носителя CZ-3B; использование разных носителей на двух космодромах облегчает подготовку старта, если придется пускать обе сборки с малым временным интервалом.

Эта оговорка не случайна, так как пока рассматривается два возможных баллистических сценария миссии. Заключительный этап в обоих случаях выглядит одинаково, так как задается жестким астрономическим окном: орбитальный аппарат стартует к Земле с орбиты спутника Марса в октябре 2030 г. и обеспечивает возвращение капсулы с образцами в июле 2031 г.

Началом экспедиции по первому варианту являются два старта «дуплетом» в ноябре и декабре 2028 г. – сначала орбитально-возвратная сборка, затем посадочная. Первая прибывает к Марсу в августе 2029 г. и выходит на высокоэллиптическую орбиту спутника, которая к марту 2030 г. превращается в круговую за счет последовательного аэродинамического тормо-

飞行过程

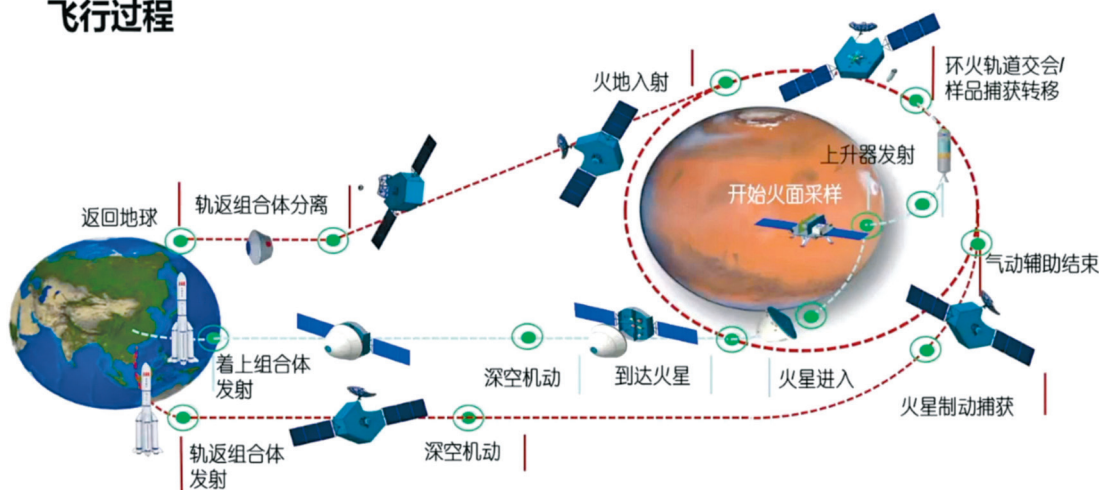


Схема миссии «Тяньвэнь-3». Источник <https://forum.nasaspacesflight.com/>

жения в верхней атмосфере Марса на периарийных участках орбиты. В свою очередь, посадочная сборка достигает планеты в сентябре 2029 г. и прямо с подлета идет на посадку, что непросто в реализации, но экономно с точки зрения общей массы – не нужно топлива на предварительный выход на орбиту.

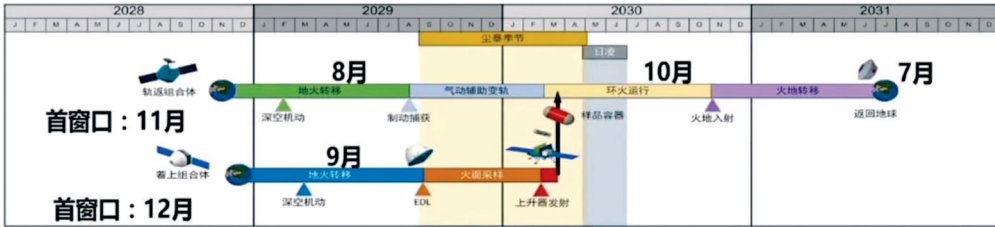
Аппарат для входа в атмосферу строится по стандартной конструктивной схеме, с лобовым экраном и хвостовым обтекателем, и работает также традиционно: гашение подлетной скорости, дальнейшее ее снижение на этапе парашютного спуска и мягкая посадка на двигателях. На посадочной платформе на Марс доставляется небольшой ровер и двухступенчатая взлетная ракета – пока не решено, на твердом топливе или на жидких компонентах – с запасом характеристической скорости 4.5 км/с. В течение полугода производится изучение района посадки и сбор образцов путем копки и бурения. Они загружаются во взлетную ракету, которая в марте 2030 г. доставляет их на орбиту. Орбитальный аппарат уже успеет к этому времени сформиро-

вать низкую приемную орбиту, параметры которой будут определены по измерениям с Земли и сконвертированы в соответствующее полетное задание для взлетной ракеты. Орбитальный аппарат осуществляет захват цели, автономное сближение, встречу и стыковку, после чего груз перемещается из взлетной ракеты в посадочную капсулу.

Кажется, что здесь остается семи-месячный резерв времени на непредвиденные обстоятельства, связанные с работой на поверхности, но в действительности значительную его часть «съедает» соединение с Солнцем в мае-июне 2030 г. Есть и еще один минус: посадка происходит в период осеннего равноденствия, когда на Марсе часты пылевые бури.

Во втором варианте орбитально-возвратная сборка также стартует в ноябре 2028 г. и выходит на орбиту на месяц позже, в сентябре 2029 г. Полет посадочной сборки запланирован по нестандартной долгой траектории с заблаговременным стартом в мае 2028 г. и посадкой в июле 2030 г., ближе к весеннему равноденствию, в благоприятных марсианских условиях.

飞行方案一：秋分着陆



飞行方案二：春分着陆



Два варианта плана полета комплекса «Тяньвэнь-3».
Источник <https://forum.nasaspacesflight.com/>

Работа на Марсе ужимается до двух месяцев, так что уже в сентябре взлетная ракета выходит на орбиту, а в октябре орбитальный аппарат с «добычей» стартует к Земле.

Следует заметить, что примерно в эти же сроки запланирована американско-европейская программа доставки марсианского грунта, причем еще более сложная и дорогостоящая. После пересмотра ее схемы в марте 2022 г. программа включает четыре (!) старта с тремя посадками на Марс. Первый, впрочем, уже реализован – американский марсоход *Perseverance* с февраля 2021 г. работает в кратере Езеро и в сентябре 2021 г. приступил к сбору образцов для доставки на Землю.

Еще два американских посадочных аппарата будут отправлены к Марсу в 2028 г. – один будет нести малый ровер для подбора образцов, оставленных большим марсоходом *Perseverance*, а второй – взлетную ракету и манипулятор для перегрузки. Чтобы запустить их вместе, потребовалось бы со-

здать аппарат для входа в атмосферу диаметром 5.4 м, что сочли неприемлемым риском. Наконец, европейский орбитально-возвратный аппарат стартует первым, в 2027 г. и работает дольше всех: по пересмотренному плану он должен доставить капсулу с образцами к Земле в 2033 г.

Таким образом, уже сейчас, до выдачи всех контрактов по американско-европейской программе она проигрывает китайской по срокам. И хотя опыта в работе на Красной планете у Китая намного меньше, чем у конкурентов, последовательная безупречная реализация семи лунных проектов и первого марсианского позволяет верить и в техническую реализуемость миссии «Тяньвэнь-3», и в заявленные жесткие сроки.

P.S. При подготовке материала стало известно о подготовке еще одной межпланетной миссии КНР для отработки возможной технологии отклонения астероидов, сближающихся с Землей. Мы предполагаем в ближайших номерах рассказать о ней. — Прим. ред.

ЧТО МОЖЕТ ИЗМЕНИТЬСЯ ПОСЛЕ НАЧАЛА КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ?

У Цзи,

Национальный центр космической науки,
Китайская академия наук

DOI: 10.7868/S0044394822040077

Профессор У Цзи (WU Ji) – председатель Ученого комитета Национального центра космической науки Китайской академии наук; действительный член Международной академии астронавтики (IAA), член правления Института инженеров электротехники и электроники (IEEE). Был руководителем проекта в рамках Стратегической программы приоритетов для космической науки (I) Китайской академии наук; руководителем по научной нагрузке проектов «Чанъэ-1 и -3». В 2022 г. профессор У Цзи был избран иностранным членом Российской академии наук.

Перевод статьи на английский выполнен Сюй Юнцзянь,
Национальный центр космической науки, Китайская академия наук;
перевод с английского О.В. Закутней.
Особая благодарность И.А. Лисову за помощь в работе над переводом.

Оригинал статьи опубликован в Бюллетене Китайской академии наук, WU, Ji (2021) “What Change May Take Place after We Entered Space Era,” Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version): Vol. 36: Iss. 12 , Article 1. DOI: http://www.bulletin.cas.cn/publish_article/2021/10/20211014.htm Английский перевод <https://bulletinofcas.researchcommons.org/journal/vol36/iss12/1>

После успешных полетов кораблей *Virgin Galactic*, *Blue Origin* и *SpaceX*, кажется, что в 2021 году развитие космического туризма наконец-то дошло до фазы «ввод в эксплуатацию». Если процесс будет развиваться, как ожидается, то в течение 10 лет этот рынок превратится в настоящий и значительный сектор экономики объемом в сотни миллиардов долларов в год. Каждый год десятки тысяч людей будут летать в космос и возвращаться оттуда. Подобно тому, что произошло после эпохи Великих географических открытий, когда человечество завоевало океан, изменится образ мыслей людей. Ниже мы более подробно рассмотрим, какие изменения могут произойти после того, как мы вошли в космическую эру.

* * *

В 2021 году были осуществлены первые туристические космические полеты кораблей *Virgin Galactic*, *Blue Origin* и *SpaceX*. Это дало повод говорить о том, что в 2021 году началась «эра космического туризма». В ближайшие годы люди могут очень скоро превратиться в биологический вид, который мигрирует туда-сюда между Землей и безбрежным пространством. Учитывая большое число потенциальных космических туристов, некоторые полагают, что после 2030 года количество людей, каждый год путешествующих из Земли в космос и обратно, может исчисляться уже тысячами. И хотя это лишь туризм, а не иммиграция, эти события в области космического туризма все же способствуют некоторым резким и прин-

ципиальным изменениям, сравнимым с теми, что произошли после открытия Нового Света Колумбом. По мере того как увеличивается число граждан, имеющих доступ к космосу, эти изменения, благодаря развитию технологий, должны привести к изменению того, как мы воспринимаем сами себя и окружающий мир, причем за сравнительно короткое время. Это отличает космический туризм от Великих географических открытий XV–XVII веков, когда изменения происходили постепенно.

По сути, восприятие человеком мира в некоторой степени изменилось уже с полетом первого человека в космос, космонавта Юрия Гагарина в 1961 г. Гагарин лишь один раз облетел Землю в космосе и пробыл там 90 минут, в течение которых он выполнял различные запланированные операции и делал записи. Времени на то, чтобы полюбоваться видом прекрасной Земли и глубокого космоса за иллюминатором корабля, было мало. Но даже несмотря на это стали знаменитыми его слова: «Облетев Землю в корабле-спутнике, я увидел, как прекрасна наша планета».

Космонавты и астронавты, следовавшие за Гагариным, высказывали похожие чувства в различных выражениях. Поверхность Земли, с ее голубыми океанами, желтыми континентами, зелеными лугами и лесами, полями, покрытыми льдом и снегом, белыми облаками над ними, невероятно красива. Космический корабль делает один оборот вокруг Земли примерно за 90 минут, так что за один день астронавты встречают 16 восходов и закатов. Они также могут видеть огромные территории залитых светом городов на ночной стороне планеты, грозы и молнии над континентами и океанами. На этой высоте хорошо заметна кривизна земного горизонта. Между голубой Землей и черным пространством Вселенной, испещренным невероятным числом звезд, есть очень тонкий слой атмосферы. Благодаря атмосферному натрию, на высоте 90 километров, который после заката и до захода

Солнца хорошо виден как тонкий желтый слой, атмосфера выглядит столь же легкой, как тонкая вуаль. Без помех со стороны атмосферы астронавты на орбите могут видеть неизмеримо огромный космос, в котором звезды не мерцают и кажутся ярче, а их число невероятно огромно. Солнце настолько ослепительно, что даже в шлеме нельзя посмотреть на него прямо.

Рассказывая о том, что он испытал в космосе, китайский космонавт Цзин Хайпэн говорил: «Я медленно приблизился к иллюминатору, чтобы посмотреть на Землю. Словами не описать красоту коричневато-желтой Земли, величие гор и рек, похожих на ленты. В это мгновение я не мог не думать о том, как беспределен космос, как мало значат отдельные личности и насколько велик наш народ. Я был очень горд тем, что я китаец». «Так красиво здесь, снаружи!» – это непосредственное восклицание космонавта Лю Бомина, который совершил первый выход за пределы космического аппарата из Базового блока «Тяньхэ» Китайской космической станции (ККС или CSS)¹, в момент, когда он покидал модуль.

В декабре 2018 года американская астронавтка Энн МакКлейн также совершила выход в открытый космос, и ее чувства описаны более подробно. Она вспоминает: «Я почувствовала, что я очень связана с Землей, как будто она моя и есть там что-то собственное, не только мой родной городок или город или что-то, с чем я связана, но вся Земля. Я ощутила чувство собственности и сопричастности к каждому ее уголку. Вы действительно чувствуете эту близость к каждому человеку на Земле. Возникает по-настоящему определенное осознание того, что с каждым человеком, с которым вы когда-либо встретитесь, у вас гораздо больше общего, чем различий, не важно каких».

¹ Подробнее о новой китайской космической станции можно узнать в статье Лисов И.А. «Тяньгун» начинается // ЗиВ, №4, 2021 – Прим. ред.



«Восход Земли», сфотографированный астронавтами «Аполлона-8» 24 декабря 1968 г.
Источник: NASA

Космос – одно из самых замечательных откровений астронавтов миссий «Аполлон». Знаменитая фотография «Восход Земли» дает нам представление об одном из них. За 380 тысяч километров от нашей планеты астронавты «Аполлона-8» впервые облетали Луну, и вид прекрасной голубой Земли, медленно «поднимающейся» из-за лунного горизонта, привел их в трепет. Знаменитый цветной снимок был сделан в момент огромнейшего воодушевления. (Миру пришлось подождать несколько дней, чтобы увидеть его, потому что в фотокамерах тогда использовали пленку.) Во время празднования сорокалетия первой высадки человека на Луну астронавт миссии «Аполлон-11» Майкл Коллинз в своей речи дал нам представление о том, что от-

крылось ² представителям человечества, которые видели Землю из такой дали собственными глазами:

«Я совершенно уверен, что если бы мировые политические лидеры могли увидеть свою планету с расстояния в 100 тысяч миль, их взгляды могли бы в корне измениться. Та наиважнейшая граница была бы невидимой, тот громкий спор был бы неслышен. Крохотный шар продолжал бы спокойно оборачиваться, не придавая значения тому, что у него есть «подразделения», и мы бы

² В английском переводе статьи число 27. Столько мест было на кораблях миссий «Аполлон», летавших к Луне, но трое астронавтов летали дважды. Экспедиция «Аполлона-13» не вышла на орбиту вокруг Луны и не совершила посадку из-за аварии. – Прим. ред.

увидели его общий вид, который настоятельно требует объединения, одинакового отношения. Земля должна стать такой, какой она выглядит, – голубой и белой, не капиталистической или коммунистической; голубой и белой, не богатой или бедной; голубой и белой, не испытывающей или вызывающей зависть».

Все эти высказывания действительно дали импульс развитию мировоззрения человечества. Похожие воззрения на планету Земля, ее ресурсы и природу высказаны в ряде работ, таких как «Безмолвная весна» американского ученого Рейчел Карсон и «Руководство по управлению космическим кораблем “Земля”» Ричарда Бакминстера Фуллера в начале и в конце 1960-х годов соответственно; «Пределы роста» Римского клуба в начале 1970-х годов. Все эти идеи родились отчасти благодаря тем открытиям, которые сделало человечество, когда шагнуло в космос и осознало Землю как планету. Можно сказать, что мировоззрение человеческих существ начало меняться после того, как люди дерзнули улететь с поверхности родной планеты в космос и посмотрели на нее назад, особенно с поверхности Луны, откуда они могли увидеть полную картину великолепной голубой Земли.

Тем не менее мы должны признать, что эти чувства как личный опыт смогли испытать только немногие привилегированные люди: менее 600 космонавтов и астронавтов, посетивших низкую околоземную орбиту, например, на космических станциях, и 24 астронавта, которые побывали у Луны (12 из них высадились на самой Луне). Подавляющее большинство в этой выборке – летчики и инженеры. Кроме них, несколько ученых и шесть миллиардеров. Очевидно, что набор социальных ролей был сравнительно ограничен. Необходимо, чтобы представители большего числа профессий и разного общественного положения, в том числе философы, художники, мыслители и литераторы, имели соответствующие возможности для доступа в космос. Они смогут выразить и описать то знание, которое космос может принести человечеству, с помощью более выразительного

и будящего мысль языка, в том числе с помощью художественных средств. И, конечно, политики также могут иметь доступ в космос, если у них будут на то разумные причины.

Без сомнения, лучший способ для человечества осознать космос – это космический туризм. В будущем «космическими туристами» станут люди профессий, которые требуют вдумчивого подхода, – художники и ученые гуманитарных дисциплин. Когда они увидят планету Земля с этой высоты, они, конечно, испытают более сложные чувства, отличные от тех, что испытали инженеры и ученые естественных специальностей. В Соединенных Штатах идея отправлять в космос людей разных профессий появилась во время программы «Аполлон».

История человечества – это история миграции с целью покрыть всю планету Земля. Из океана на сушу, вниз с деревьев и далее по всем континентам, переплывая океаны с помощью парусов и завоевывая полюса. С постоянным развитием науки и технологий люди начали летать в небо, а затем – в космос и на Луну. Все более изощряясь в науке и технологиях и все более расширяя обжитую среду, люди идут вперед. После того, как мы спустились с деревьев, огонь помог нам развить язык и общение. Сельскохозяйственные технологии привели к появлению человеческих поселений и письма. Навигация по звездам, изучение погоды и кораблестроение позволили бороздить океаны, а затем – сделать торговлю и рыночную экономику глобальными. Аэрокосмические технологии и исследования Вселенной направили мысль человечества в область экологии и устойчивого развития. Но это только начало космической эры, предвестник большого скачка человечества в ближайшие десятилетия. Вновь повторю слова астронавта «Аполлона-11» Коллинза: «Земля должна стать такой, какой она выглядит, – голубой и белой, не капиталистической или коммунистической; голубой и белой, не богатой или бедной; голубой и белой, не испытывающей или вызывающей зависть».

Пока что мы очень далеки от представляемой идеальной цивилизации! Одна важная причина этой задержки в развитии состоит в том, что образ мыслей многих мыслителей и политиков все еще соответствует «морской эпохе». Для той цивилизации характерны колониальное мышление, расхищение ресурсов и рыночная экономика. Более того, мы по-прежнему в эре, которой правит так называемый закон «темного леса»³, согласно которому к любому чужаку надо относиться как к врагу. Исходная точка для таких людей связана с их собственными городами, областями либо в лучшем случае государствами, но не с планетой Землей и всем человеческим родом. И это делает их образ мысли, по существу, отличным от того, что открывает нам космос. Новое понимание, которое мы получили благодаря глазам и голосам почти шестисот космонавтов и астронавтов и особенно 24 членов миссий «Аполлон», не достигает мыслителей и политиков. Возможно, им действительно необходимо отправиться в космос самим, чтобы испытать его. Либо те, кто окружают их и могут повлиять на них, могут отправиться в космос, чтобы принести эти знания. Если это будет осознано, то следующая фаза развития человеческой цивилизации может больше соответствовать развитию аэрокосмических технологий и постоянно меняющемуся космосу.

Китай – государство с длинной историей и мощной цивилизационной основой. В крови китайского народа нет врожденных беспокойства и безрассудства, которые заставляют вторгаться к соседям и требовать для себя ведущей роли. История показала, что Китай до некоторой степени стал жертвой «морской эпохи». С самого начала

аэрокосмической эры Китай никогда не демонстрировал намерений расхищать космические ресурсы и доминировать в космосе. Напротив, единственное, чего добивается Китай, – защищенности и мирного использования космоса. С древних времен идея *гармонии между человеком и природой* распространяется по всем сферам жизни в Китае, и она оставляет далеко позади идею захвата и разграбления других стран. Можно с основанием сказать, что именно китайский народ, возможно, первым в истории человечества осознал космос. За 5000 лет китайской цивилизации именно китайский народ первым понял необходимость строить Сообщество единой судьбы человечества⁴. Необходимо, чтобы Китай продолжал отправлять своих граждан в космос, развивал космический туризм и даже был ведущим в эре космического туризма. Число людей, отправляющихся в космос, не должно быть ограничено горсткой космонавтов, выполняющих космические миссии по государственной программе.

Космические туристы должны включать литераторов и ученых, художников, философов, предпринимателей, учителей, рабочих, фермеров и представителей других социальных классов, включая, конечно, и политиков, особенно тех, кто занимается окружающей средой и ее охраной. Надеемся, что в следующие десятилетия или больше будет все больше «путевых дневников», музыкальных произведений, литературных произведений и кинофильмов, рассказывающих о всем богатстве опыта пребывания в космосе и тех озарениях, что произошли благодаря ему. Развития аэрокосмических технологий влечет более глубокое понимание человечеством самого себя и мира. Это движущая сила человеческой цивилизации и эволюции, делающая развитие неизбежным законом человеческой истории.

³ «Темный лес» – название второго романа фантастической трилогии «Воспоминания о прошлом Земли» современного китайского писателя Лю Цысиня (2008 г.). Согласно закону «темного леса», любая цивилизация во Вселенной, вышедшая в космос, должна прятаться от обнаружения и уничтожать любую найденную ей цивилизацию как потенциального врага. – *Прим. ред.*

⁴ Концепция, предложенная генеральным секретарем ЦК КПК Си Цзиньпином в ноябре 2012 года на XIII Всекитайском съезде КПК. Концепция вписана в устав КПК и Конституцию КНР. – *Прим. ред.*

С новыми книгами
Издательства “Наука”
вы можете ознакомиться на сайте
naukabooks.ru



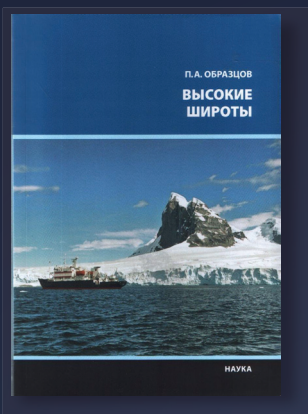
Капанадзе А.Л.

**Опытным путем:
Эксперименты, изменившие мир.**

М.: Наука, 2019. – 319 с.

В книге рассказывается об основных вехах в развитии экспериментальных методов в самых разных областях наук о природе, человеке и обществе – физике, химии, астрономии, биологии, физиологии, медицине, археологии, социологии, психологии, экономике. Охвачен период с античных времен до наших дней. Читатель узнает о знаменитых и малоизвестных опытах, оказавших огромное влияние на формирование наших представлений о мире и о нас самих. Большое внимание автор уделяет не только истории приборов и технологий, но и истории идей. Затрагиваются проблемы отличия классического эксперимента от наблюдения (когда опыт «ставит» сама природа), преемственности технических инноваций, влияния общественного климата на работу экспериментатора, роли случайности в этой работе.

Для широкого круга читателей.



Образцов П.А.

Высокие широты.

М.: Наука, 2018. – 192 с. – (Научно-популярная литература)

Книга повествует об открытии и освоении Арктики и Антарктики, этих двух полюсов холода и мужества, об отважных героях, благодаря которым человечество узнало о природе, животном мире самых северных и самых южных земель, а также о том, какая непростая и вместе с тем увлекательная жизнь идет сегодня в этих суровых, таинственных и манящих краях.

Для широкого круга читателей.



Верещагин Г.В., Аксенов А.Г.

Релятивистская кинетическая теория с приложениями в астрофизике и космологии.

М.: Наука, 2018. — 471 с.

Релятивистская кинетика широко применяется в астрофизике и космологии. В последние годы интерес к этой теории вырос, поскольку появилась возможность ставить эксперименты при таких условиях, где релятивистские эффекты становятся существенными. Настоящая монография состоит из трех частей. В первой части представлены основные идеи и концепции, уравнения и методы теории, включая вывод кинетических уравнений из релятивистской цепочки Боголюбова, а также соотношение кинетического и гидродинамического описаний. Вторая часть — это введение в вычислительную физику, причем особое внимание уделяется численному интегрированию уравнений Больцмана и смежным вопросам, а также многокомпонентной гидродинамике. В третьей части дан обзор приложений, который охватывает вопросы ковариантной теории отклика, термализации плазмы, комптонизации в статических и динамических средах, кинетики самогравитирующих систем, образования структуры в космологии и излучения нейтрино при гравитационном коллапсе.

Для студентов старших курсов университетов, аспирантов и исследователей, специализирующихся в области теоретической физики, астрофизики и космологии.

naukabooks.ru

Реклама

ПАМЯТИ ВАЛЕРИЯ ВИКТОРОВИЧА РЮМИНА

ГЕРАСЮТИН Сергей Александрович

DOI: 10.7868/50044394822040089

Ушел из жизни космонавт № 41 (космонавт мира № 84) Валерий Викторович Рюмин – заместитель генерального конструктора Ракетно-космической корпорации «Энергия» им. С.П. Королёва, директор программы МКС, руководитель научно-технического центра по испытаниям и управлению полетом, инструктор-космонавт-испытатель 1 класса, кандидат технических наук, дважды Герой Советского Союза (1979, 1980), Герой Венгерской Народной Республики, Герой Труда Вьетнама, Герой Республики Куба, лауреат золотой медали им. К.Э. Циолковского, медали «За заслуги в освоении космоса», Государственных премий СССР (1984) и РФ в области науки и техники за работы по оборонной тематике (1999), Заслуженный мастер спорта СССР (1980), почетный член Международной академии астронавтики (1996), почетный гражданин городов Ленинск (ныне Байконур, Казахстан, 1979), Калуга (1980), Комсомольска-на-Амуре (1981) и др.

В.В. Рюмин родился 16 августа 1939 г. в городе Комсомольск-на-Амуре в семье начальника цеха и главного технолога авиазавода, перед войной семья переехала в подмосковный поселок Загорянка. Валерий пошел по стопам отца: в 1958 г. окончил Калининградский механический техникум (Московская область) по специальности холодная обработка металла. С ноября 1958 г. по июль 1961 г. проходил сроч-



Космонавт В.В. Рюмин.
ЦПК им. Ю.А. Гагарина, 1977 г.

ную военную службу в танковых войсках, в 1959–1961 гг. – командир танка. После демобилизации в 1966 г. получил высшее образование в Московском лесотехническом институте (факультет электроники) по специальности инженер-электрик. С 1 ноября 1965 г. работал более 56 лет (в ОКБ-1 (ныне РКК «Энергия» им. С.П. Королёва)) вначале техником-стажером 39-го отдела, с 1 ав-



В.В. Рюмин – заместитель генерального конструктора РКК «Энергия» им. С.П. Королёва. 2000-е гг.

густа 1966 г. – инженером, с 16 ноября 1969 г. – старшим инженером 721-го отдела, затем с 16 января 1970 г. и до зачисления в отряд космонавтов 21 марта 1973 г. – заместителем ведущего конструктора долговременной орбитальной станции «Салют» (27К), с 20 февраля 1981 г. заместителем руководителя комплекса натурных испытаний № 11, с 1 января 1982 г. руководителем комплекса № 11 и руководителем полетом орбитальной станции второго поколения «Салют-7» и одновременно являлся сотрудником Института космических исследований АН СССР, в июне 1986 г. назначен заместителем генерального конструктора РКК «Энергия», в 1986–1994 гг. был руководителем Центра

управления полетами орбитальных станций «Салют-7» и «Мир», с 12 октября 1994 г. по 5 октября 1998 г. был директором программ «Мир – НАСА» и «Мир – Шаттл» с российской стороны, с 5 октября 1998 г. являлся заместителем генерального конструктора, директором программы Международной космической станции, руководителем научно-технического центра по испытаниям и управлению полетом.

Валерий Рюмин участвовал в разработке документации для электрических испытаний пилотируемого корабля 7К-Л1 (11Ф91) для облета Луны – одной из модификаций КК «Союз», а также в подготовке всех изделий 11Ф91 в контрольно-испытательной станции РКК «Энергия», на технической и стартовой позициях ракеты-носителя «Протон-К» космодрома Байконур¹. Занимался подготовкой конструкторской документацией орбитальных станций серии «Салют», комплексов «Мир» и МКС, неоднократно назначался руководителем испытаний, техническим руководителем на технической позиции космодрома Байконур. Инженерная подготовка часто ему помогала в сложных ситуациях, которых было немало, спасении ситуации в космической отрасли, часто именно спокойная уверенность директора программ в благополучном их разрешении помогала найти верный выход. Валерий Викторович внес значительный вклад в разработку уникального проекта МКС и надежную эксплуатацию ее первых модулей, обеспечивая работу с NASA и другими партнерами по организационным, техническим и экономическим вопросам. В 1999 г. он стал руководителем работ РКК «Энергия» по инте-

¹ Валерий Викторович Рюмин // сайт Космическая энциклопедия ASTROnote: https://astronaut.ru/as_russia/energia/text/rumin.htm?reload_coolmenus



Экипаж третьей основной экспедиции на станцию «Салют-6» В.А. Ляхов и В.В. Рюмин. 1979 г.

грации с российским сегментом МКС разрабатываемого Европейским космическим агентством грузового космического корабля ATV. Проведенный большой объем исследований, испытаний, разработка программного обеспечения и изготовление специального оборудования завершились первым успешным пуском ATV «Жюль Верн» 9 марта 2008 г. и подтвержденными возможностями дальнейшей его эксплуатации в составе станции².

27 марта 1973 г. был зачислен в отряд космонавтов. Валерия Рюмина и его коллег готовили к полетам на космических кораблях «Союз» и орбитальных станциях серии «Салют». С сентября 1975 г. по сентябрь 1977 г. прохо-

дил подготовку в качестве бортинженера основного экипажа первой основной экспедиции (ЭО-1) вместе с В.В. Ковалёнком на орбитальную станцию второго поколения «Салют-6».

Первый полет В.В. Рюмин совершил с 9 по 11 октября 1977 г. в качестве бортинженера КК «Союз-25» (командир экипажа В.В. Ковалёнок), но программа 96-суточного полета не была выполнена, так как стыковку со станцией не удалось осуществить, ни в автоматическом, ни в ручном режимах, на вторые сутки пришлось возвратиться на Землю. Затем с октября по декабрь 1977 г. проходил подготовку в качестве бортинженера третьего (резервного) экипажа по программе ЭО-1 на станцию «Салют-6», с декабря 1977 г. по март 1978 г. – второго (дублирующего) экипажа по программе второй основной экспедиции (ЭО-2) на «Салют-6», во время старта

² Памяти В.В. Рюмина. 6 июня 2022 г. // сайт РКК «Энергия» им. С.П. Королёва: https://www.energia.ru/ru/news/news-2022/news_06-06_1.html



В.В. Рюмин работает на борту корабля «Дискавери» (STS-91).
Июнь 1998 г. Фото NASA

КК «Союз-29» 15 июня 1978 г. был дублером бортинженера корабля.

Второй полет продолжительностью 175 суток выполнил с 25 февраля по 19 августа 1979 г. в качестве бортинженера третьей основной экспедиции (ЭО-3) на станцию «Салют-6» (командир экипажа В.А. Ляхов), старт – на КК «Союз-32», посадка – на КК «Союз-34»³. Во время полета экипаж провел фотосъемку на аппаратуре МКФ-6М и КАТЭ-140, сеансы астрономических наблюдений с помощью телескопов субмиллиметрового БСТ-1М, солнечного ОСТ-1, гамма-телескопа «Елена-Ф» и радиотелескопа КРТ-10⁴, эксперименты на технологических установках «Сплав» и «Испаритель», медико-биологические исследования, ремонтировал объединенную двигательную установку, принял три грузовых кораб-

ля «Прогресс-5» – «Прогресс-7». 15 августа 1979 г. космонавты совершили внеплановый выход в открытый космос длительностью 1 час 23 минуты для отделения зацепившейся за конструкции станции антенны радиотелескопа КРТ-10.

Третий полет совершил с 9 апреля по 11 октября 1980 г. в качестве бортинженера четвертой основной экспедиции (ЭО-4) на станцию «Салют-6» (командир экипажа Л.И. Попов). Экипаж выполнил многочисленные эксперименты – медико-биологические, дистанци-

онного зондирования Земли и атмосферы, съемку с помощью много-спектральной фотокамеры МКФ-6М и технологические эксперименты на установках «Кристалл» и «Сплав» (например эксперимент «Лотос» включал использование специальных форм для изготовления пластиковых изделий из быстро схватывающегося материала и пенополиуретана), принял четыре экспедиции посещения, в том числе три международных по программе «Интеркосмос» с участием космонавтов Венгрии, Вьетнама и Кубы, старт – на КК «Союз-35», посадка – на КК «Союз-37»⁵. В этом

³ Климук П.И. Космические долгожители // Земля и Вселенная, 1980, № 2.

⁴ Заксон М.Б., Кардашев Н.С. и др. Первый радиотелескоп в космосе // Земля и Вселенная, 1980, № 4.

⁵ «Союз-35»: четвертая основная экспедиция // Мировая пилотируемая космонавтика. История, техника, люди. Энциклопедия. Под ред. Ю.М. Батурина. М.: РТ-Софт, 2005. С. 285–287; Герасютин С.А. Станции второго поколения «Салют»: нештатные ситуации // Труды XLVI Академических чтений по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства. М.: МГТУ, 2022.

полете был установлен новый мировой рекорд длительности космического полета – 184 суток 20 часов. Валерий Рюмин ушел из отряда космонавтов 28 октября 1987 г. по возрасту.

С целью принятия заключения о состоянии износа модулей российского орбитального комплекса «Мир», Валерий Рюмин решил лично оценить его работоспособность, прежде чем будет определена судьба уникального орбитального комплекса. С 5 сентября 1997 г. по июнь 1998 г. проходил подготовку в Космическом центре им. Л. Джонсона (NASA) в составе экипажа американского КК *Discovery* для полета на станцию «Мир». Четвертый полет Валерий Рюмин совершил в возрасте 58 лет – с 2 по 12 июня 1998 г. (в течение 9 суток 20 часов) в качестве специалиста полета КК *Discovery* (STS-91), программа включала девятую (последнюю) стыковку с российским орбитальным комплексом «Мир», его задачей была инспекция станции⁶. После полета он представил детальный отчет по состоянию его систем, в котором обосновал возможность дальнейшей эксплуатации. Валерий Викторович бился за продолжение работы станции «Мир» не только на орбите, но и в правительственных кругах и на международной арене. В немалой степени его усилиями удалось продлить эксплуатацию «Мира» на четыре года.

Общая длительность четырех полетов В.В. Рюмина составила 371 суток 17 часов 27 минут.

⁶ Лындин В.И. Полет станции «Мир» продолжается // Земля и Вселенная, 1998, № 6.



Семейная жизнь: Е.В. Кондакова, В.В. Рюмин и их дочь Евгения. 1997 г.

В.В. Рюмин – автор книги «Год вне Земли» (1987), соавтор книги «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва. 1946–1996 гг.» (под редакцией Ю.П. Семёнова; 1996), статей в сборниках «Загадки звездных островов» (книга 1-я и 3-я, 1982, 1986), ряда публикаций в российских и зарубежных научных изданиях.

Валерий Рюмин был женат дважды. Впервые он сочетался браком со служащей РКК «Энергия» Натальей, в семье родилось двое детей – дочь Виктория и сын Вадим. В 1985 г. он женился на будущей третьей отечественной женщине-космонавте Елене Кондаковой – тогда молодом специалисте РКК «Энергия», отвечавшим за нештатные ситуации, познакомившись с ней, будучи руководителем ЦУП. У них родилась дочь Евгения.

В.В. Рюмин скончался 6 июня 2022 г., похоронен 9 июня на кладбище Федерального военного мемориала «Пантеон защитников Отечества» в Мытищах (Московская область). На его родине установлен бронзовый бюст.

СРЕДНЕВЕКОВЫЕ СОЗВЕЗДИЯ: В ПОИСКАХ ЗАБЫТЫХ СМЫСЛОВ

КАЗАКОВ Евгений Викторович

DOI: 10.7868/50044394822040090

Научный ландшафт средневековой Западной Европы лишь на первый взгляд выглядит безжизненным и безнадёжным. При доброжелательном рассмотрении не сложно различить оазисы культуры, из которых начнется европейское Возрождение. Посмотрим за этим процессом на примере изображений звездного неба в средневековых манускриптах: как античная астрономия проникала в Европу?

АРАТ СОЛИЙСКИЙ И ПЕРВЫЙ СПИСОК СОЗВЕЗДИЙ

Первый известный нам список созвездий был приведен в III в. до н.э. древнегреческим поэтом из г. Солы в Киликии (римская провинция на юго-востоке Малой Азии) Аратом Солийским (ок. 310–245 гг. до н.э.) в его дидактической поэме «Явления» (Φαινόμενα). Арат учился в Афинах у стоика Зенона и был приглашен македонским царем Антигоном Гонатом, поклонником стоической философии, на должность придворного поэта. Приверженец наук и искусств, царь предложил Арату сделать поэтическое переложение работ греческого математика и астронома из г. Книды в Ионии (западное побережье Малой Азии у Эгейского моря) Евдокса Книдского (410/408–355/347 гг. до н.э.), составившего в 375 г. до н.э. первый каталог звездного неба. (Каталог Евдокса, увы, не сохранился до наших дней;

фактически это был не каталог в нашем понимании, а подробное словесное описание расположения звезд в созвездиях; «Явления» Арата воспроизводят его близко к тексту.)

Судьба «Явлений» сложилась удачно: поэма оказалась очень популярна, широко распространилась в комментированных списках (известно 35 греческих комментариев к «Явлениям») и дважды переводилась на латынь, сначала Цицероном (10-е гг. I в. до н.э.; это авторское переложение Арата, но очень близкое к исходному тексту), а затем Цезарем Германиком, римским полководцем и отцом Калигулы (ок. 15 г. н.э.). Латинские переводы оформились в традицию «Аратеи».

Популярность «Явлений» стала причиной устойчивости списка созвездий, восходящих к Евдоксу. В каталоге 140 г. н.э. «Альмагеста» Птолемея (ок. 100 – ок. 170 гг. н.э.; ЗиВ, 2012, № 4) приводятся фактически те же самые созвездия: правда, не называются как отдельные Плеяды и добавлен Малый Конь, которого нет у Арата. В греческом оригинале «Явлений» есть упоминания астеризмов Лук в Стрельце («Солнцем когда опаляется Лук и Лука хозяин», пер. А.А. Россиуса) и Вода в Водолее («Есть еще россыпи звезд, которые под Водолеем ... Вместе их все называют Водой»), которые можно воспринимать как отдельные созвездия, но в традиции латинской «Аратеи» этой двусмысленности не остается. Так устойчивый

список Арата – Птолемея держится неизменным вплоть до конца XVI в., до «Первого корабельного путешествия» (Earste Schipvaart) в 1595–1597 гг. голландской экспедиции в тропические моря, открывшей европейским астрономам новые южные звезды, и картографических работ Питера Планциуса (1552–1622), утвердивших эти звезды на небесных глобусах.

Не следует, однако, думать, что все 19 веков своего существования список Арата оставался догматическим и неизменным. В разные времена и в разных частях Ойкумены он подправлялся под местные реалии. Так, в Египте эпохи эллинизма были свои аналоги греческих созвездий. В это же время римские астрологи (вообще-то трепетно относившиеся к греческой культуре) давали свои латинские интерпретации некоторым созвездиям, не пренебрегая при этом и египетскими аллюзиями¹; средневековые арабы, познакомившись с «Альмагестом», продолжали, тем не менее, использовать свои старые доисламские астеризмы, давшие названия многим современным именованным звездам неба. Даже в средневековой Западной Европе, отставшей от передового исламского Востока и, казалось бы, лежащей далеко вне преобладающего научного направления, в начале XIII в. возникла своя оригинальная версия списка Арата, связанная с именем Майкла Скота, которому посвящается вторая часть нашего рассказа. Она просуществовала до XVI в., оставив интересную иконографию и повлияв на более поздние изображения в небесных атласах.

Какова вообще судьба астрономического знания в средневековой Западной Европе? Как астрономия вернулась в Европу? Не быстро, тихими стопами.



Арат Солийский, барельеф

АСТРОНОМИЯ В СРЕДНИЕ ВЕКА

Первый самостоятельный европейский труд после античности и «темных веков» раннего Средневековья, связанный с астрономией, – «Об исчислении времен» (De temporum ratione) Беды Достопочтенного (672/673–735 гг. н.э.) – английского монаха бенедиктинского устава, богослова, Учителя Церкви, ученого-историка. Небольшой трактат Беды был посвящен календарным вопросам и расчету пасхалий, и в связи с этими темами автор касается общей астрономии и космологии. Беда, однако, не дает никакой информации о созвездиях неба, и соответствующие иллюстрации в оригинале отсутствуют. Описания и изображения созвездий в поздних изданиях его работы в составе различных компиляций добавлялись издателями для полноты (и красоты).

Каролингское возрождение – период культурного возрождения в Европе в эпоху Каролингов (королевская и императорская династия в государстве франков) в конце VIII – середине

¹ См.: Казаков Е.В. Римские созвездия: темное прошлое, короткая жизнь // Земля и Вселенная, 2020, № 3.



Бэда Достопочтенный.
Нюрнбергские хроники, 1493 г.

IX в. В эту эпоху при дворе Карла Великого в Аахене появляется первый серьезный астрономический труд – результат работы группы астрономов при императорском дворе. Так называемая «Аахенская компиляция» (809–812) включает общие естественнонаучные знания и некоторые сведения об астрономии. В основном это краткое изложение классических текстов Плиния (из римского списка 42 созвездий «De ordine ac positione stellarum in signis» – «Порядок и расположение звезд в созвездиях») и «Явлений» Арата, но не Арата – оригинального греческого, а Арата – законспектированного латинского: «Пересмотренного Арата» из анонимных «Астрологических отрывков» (Excerptum de astrologia). Астрономическая информация «Компиляции» содержала описание видимой небесной сферы, созвездий, планет, геоцентрическое устройство Кос-



«Аахенская компиляция». Мадридский кодекс, ок. 840 г.

моса, календарные и астрологические сведения, а также методы астрономических расчетов. Христианские авторы «Компиляции» все еще настороженно относятся к «языческим» образам созвездий, и, возможно, первая редакция «Компиляции» не имела иллюстраций. Однако все сохранившиеся рукописные копии, сильно различающиеся по полноте, иллюстрированы.

Следующий важный труд, «Лейденский Арат», был выполнен при сыне Карла Великого Людовике Благочестивом (778–840) по заказу императора или его второй жены Юдифи Баварской и предназначался для императорской библиотеки. Это иллюминированная рукопись «Явлений» Арата в переводе на латынь Цезаря Германика, датируемая 825–840 гг. (датировка 816 годом выглядит самоуверенной). Небольшой по формату и первый иллюстрированный астрономический манускрипт, включавший 35 полностраничных иллюстраций (еще четыре иллюстрации утеряны), предположительно восходит к латинскому оригиналу V в. Иллюстрации представляют собой созвездия по Арату и еще одна – устройство Космоса. (Интересно, что это не классическая геоцентрическая система Птолемея, а вариант, предлагавшийся Тионом из Смирны, II в. н.э.; в ней нижние планеты Меркурий и Венера обращаются вокруг Солнца.) Иллюстрации созвездий выполнены с большим искусством, созвездия помещены на фоне цвета индиго, а звезды исполнены золотом: эта роскошная работа была одной из жемчужин императорской библиотеки, и к 1000 г. на территории северной Франции было выполнено две копии манускрипта. В 1600 г. «Лейденский Арат» приобретает еще совсем юный Гуго Гроций (1583–1645; государственный деятель, юрист, философ, драматург и поэт), и эта рукопись вдохновляет голландца на издание в том же



Созвездие Близнецы. «Лейденский Арат». 825–840 гг. Источник: <https://play.google.com/books/reader?id=L-VFAGAAQBAI&pg=GBS.PP1>

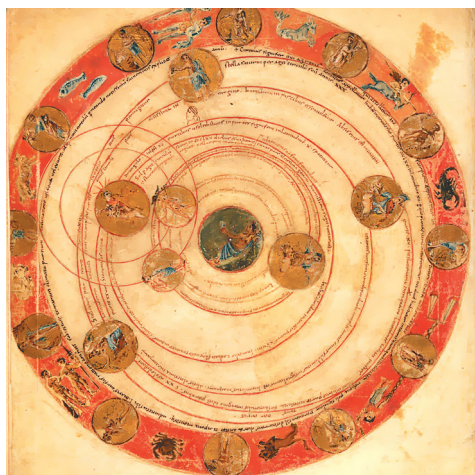


Схема Космоса. «Лейденский Арат». 825–840 гг. Источник: <https://play.google.com/books/reader?id=L-VFAGAAQBAI&pg=GBS.PP1>

году «Построения по Арату» (Syntagma Arateorum). Впоследствии манускрипт с приключениями оказывается в университете города Лейдена.



Созвездие Эридаана. «Харлеанский Арат». 830 г. Британская библиотека

С «Лейденского Арата» начинается иконографическая европейская традиция. Христианские издатели перестают стесняться языческих образов созвездий, хотя и стилизуют их под современные им реалии (см., например, кресты на головах Блинецов «Лейденского Арата»).

Еще одно оригинальное издание «Явлений» Арата Солийского, «Харлеанский Арат» (по имени коллекционера, которому какое-то время принадлежал манускрипт), вышло в Реймсе во Франции в 830 г., после чего труд несколько раз переиздавался вплоть до XI в. На этот раз это был перевод «Аратея» Цицерона. Кроме того, в манускрипт добавлены

выдержки из «Натуральной истории» Плиния, «Комментариев на «Сон Сципиона»» Макробия и из сочинения Марициана Капеллы «О бракосочетании Филологии и Меркурия». Впрочем, все эти дополнения уложились в пять страниц. Манускрипт «Харлеанский Арат» входит в коллекцию астрологических и астрономических текстов конца IX–XI в. Изображения (каллиграммы) сформированы текстами Юлиуса Гигина (I–II вв. н.э.) – не идентифицированного латинского автора, которому приписываются «Мифы» (или «Фавулы») и «Астрономика». Оригинальность «Харлеанского Арата» состоит главным образом в иллюстрациях созвездий, выполненных «фигурными стихами», каллиграммами описаний созвездий из «Астрономики» (Poeticon Astronomicum, но точное название неизвестно). Хотя традиция таких

иллюстраций не утвердилась (вероятно, в силу сложности исполнения), цитировались они часто вплоть до настоящего времени в сети Интернет².

Отдельным вставным листом в состав «Харлеанского Арата» входит также первая постантичная планисфера неба,

² Кстати, с датировкой этого манускрипта в Интернете смешная история: в большинстве русскоязычных сетевых источников, включая солидный Астронет (<http://www.astronet.ru>), он датирован 647 годом, в других – 1000 годом. На самом деле, 647 – это код (а не год!) манускрипта в Британской библиотеке: Harley MS 647, а в 1000 г. в манускрипт была только лишь добавлена первая, открывающая его иллюстрация.



Планисфера Герувигуса. «Харлеанский Арат». 830 г. Британская библиотека

«Планисфера Герувигуса», вероятно, скопированная с римского оригинала II в. Монах Герувигус, по всей видимости, был владельцем рукописи (или самого «Харлеанского Арата», или неизвестного манускрипта, откуда была взята страница с планисферой) и только лишь подписал созвездия (его автограф на рукописи: *Ego indignus sacerdos et monachus nomine Geruvigus repperi ac scripsi*, что-то вроде «Я, недостойный служитель и монах Герувигус, нашел и подписал»).

АСТРОЛОГИЧЕСКИЕ «РУКОВОДСТВА»

После Каролингского возрождения интерес к астрономии (скорее к астрологии) продолжает возрастать. Устройство Космоса, описания созвездий и планет, календарные миниатюры, включающие созвездия и планеты, становятся общим местом популярных календарей, компиляций и «руководств» (Handbook)



Марс и «дети Марса» из Тюбингенской книги, 1430–1480 гг. Справа – октябрь из «Великолепного часослова герцога Беррийского», XV в.

по астрологии и гаданию. Небольшая рукопись, выпущенная в 1056 г. в северной Испании в монастыре Риполь монахом Оливой, дает начало «стандарту де факто» астрономической части подобных «руководств»: двенадцать зодиакальных созвездий выделяются в отдельный ряд вне остальных созвездий и сопровождаются подробным астрологическим описанием, далее располагается блок с остальными созвездиями, после которого следуют изображения пяти планет, Луны и Солнца. В более поздних работах мог добавляться «календарный блок» с месяцами, с подробной иллюстрацией сельскохозяйственных и прикладных работ месяца и их небесных покровителей – соответствующего зодиакального знака и ассоциированных созвездий,

а изображения планет становятся более подробными и включают не только атрибутику (Марс – меч, Сатурн – серп и т.п.), но и «детей планет» (впервые у Георгия Фендула, Georgius Zorabrus Zotorus Fendulus, 1230 г.): объектов, находящихся «под эгидой» соответствующей планеты. Таким образом, подобные «руководства» дают богатый иконографический материал по созвездиям неба.

Как видно по представленному составу типичного «руководства», до серьезной научной астрономии календарям и «руководствам» еще очень далеко: это даже не популярные издания для широкой публики, а большей частью подборки «любопытных фактов» и «занимательные картинки», выполненные авторами, обычно не слишком разбирающимися в теме. Все

эти средневековые рукописи грешат огромным количеством ошибок и слабым пониманием материала.

Наконец, в XII в. в Испании в знаменитой толедской школе переводчиков выходит перевод на латынь птолемеевского «Альмагеста», выполненный ученым-математиком, астрологом, философом и врачом Герардом из Кремоны (1114–1187), и издаются на латинском языке «Толедские астрономические таблицы» (исходно арабские). Через Испанию, только что пережившую Реконкисту, но еще хранящую мусульманскую культуру, в Европу проникают арабские зиджи (разновидность астрономической литературы – это таблицы, дающие возможность определить положения планет на небесной сфере) и еврейские астрологические тексты (еврейские переводчики подвизались в толедской школе). «Большая» астрономия возвращается в Европу. Впрочем, эти события мало влияют на тенденцию в составлении популярных календарей и астрологических «руководств». В XIII в. при дворе императора Фридриха II на юге Италии формируется центр астрологии. Здесь Майкл Скот в 1228 г. пишет «Книгу введения» – характерный образец подобного рода исследований.

МАЙКЛ СКОТ И ЕГО СПИСОК СОЗВЕЗДИЙ

Майкл Скот (1175–1236, но обе даты предположительны) был шотландским или ирландским переводчиком, астрологом, математиком, врачом и философом. Ранний период его жизни туманен, вероятно, он родился в Англии, Шотландии или Ирландии и, возможно, обучался в Оксфорде или Сорбонне. В конце 1210-х гг. Скот обосновывается в Толедо и, зная с арабский и изучив иврит, принимает активное участие



Майкл Скот, миниатюра из его «Физиогномики». Источник: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michael_Scot.png

деятельности Толедской школы переводчиков. Он переводит на латынь арабские астрономические зиджи, Аристотеля и комментарии андалузского философа Ибн Рушда (Аверроэс; 1126–1198) к сочинениям Аристотеля. В значительной мере его усилиями Европа знакомится с современной арабской и утраченной римской наукой. В 1230-х гг. он оказывается при дворе просвещенного императора Священной Римской империи Фридриха II Гогенштауфена, где и служит с перерывами вплоть до своей смерти сначала в качестве наставника императора, затем в качестве его личного консультанта, а также главного астролога императорского двора. Он не оставляет переводческую деятельность, пишет собственные работы, дружит с итальянским математиком Леонардо Фибоначчи (1170–1250), который использует его переводы в подготовке второй редакции «Книги абака», посвящая ее Майклу Скоту. Встречается Скот и с английским философом и естествоиспытателем Роджером Бэконом (1214–1292). В общем,

Скот возвращается в центре научного движения того времени. Он был известен и вне узкого научного сообщества и придворного круга: в народе он прослыл магом, чародеем и колдуном, знающим язык зверей, вызывающим души умерших (действительно занимался некромантией), управляющим стихиями; его боялись даже демоны в преисподней. Говорили, что он продал душу Сатане, и хотя сам Скот считал себя добрым христианином, эта сделка низвергла его в ад: Данте обнаружил его в Восьмом кругу «Божественной комедии» (1308–1321) среди «прорицателей, гадателей, звездочетов и колдуний», худого и с головой, вывернутой на 180 градусов, потому что, де, они всю жизнь смотрели не в том направлении. Майкл Скот вошел даже в народные английские сказки!

В 1228 г. из-под пера Майкла Скота выходит его главный труд «Книга введения» (*Liber introductorius*), она есть введение в натурфилософию, в частности в астрономию и астрологию, и другие области практического знания, например, музыку и физиогномику. Книга состоит из трех частей, но по существу это сборник независимых текстов, собранных из разных источников, переработанных и скомпонованных вмес-

те. Судя по всему, Скот писал работу для своего патрона из соображений занимательности и ориентируясь на его интересы. Текст написан простым стилем и адаптирован на неспециалистов. Доступность текста оказалась большим преимуществом: «Введение» стало очень популярно, выдержки из него скоро распространились по работам других авторов, по компиляциям, проникли и в ученые манускрипты, и в «календари» для простодушной публики. Специалисты считают, это самый успешный астрологический труд всего средневековья.

В астрономической части «Введение» следует описанной выше традиции, наследующей монаху Оливу: зодиакальные созвездия, список остальных созвездий неба и планеты. Но специальный интерес современного исследователя привлекает список созвездий Скота, в который добавлены новые оригинальные созвездия, а некоторые из классических неожиданным образом переосмыслены автором. Список созвездий Скота какое-то время был популярен у последователей и стал стандартом разнообразных календарей и гадательных книг, но научную популярность так и не завоевал. Теперь он выглядит как курьез и подчас озадачивает историка астрономии.

Список созвездий Майкла Скота включает 40 созвездий плюс двенадцать зодиакальных, вынесенных в отдельный раздел, плюс один дубль, о котором мы еще будем говорить. Среди них большинство традиционных, паратрадиционных, но интерпретированных своеобразно, и несколько авторских.

Общеизвестно, что Падающий Коршун – это созвездие Лира, более того, название главной звезды Леры Вега означает на арабском «падающий» (*an-nasr al-wāqī*, «падающий коршун»). Парящий Коршун и Падающий Кор-

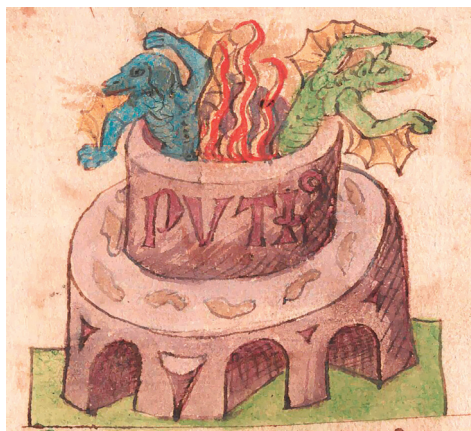
Созвездие Падающий Коршун (Лира)
из Тюбингенской книги. Источник:
<https://www.thesaxlproject.com/>



шун – изначально два астеризма, лежащие на небе рядом и ставшие ядром двух соседних созвездий – Лиры и Орла. Парящий Коршун – это три звезды головы Орла: γ , α (Альтаир) и β , расположенные в ряд на равном расстоянии и символизировавшие некую хищную птицу, парящую в небе, распластав крылья. Контрапунктом был Падающий Коршун: вытянутый треугольник из звезд: γ , α (Вега) и β Лиры, с Вегой в остром углу треугольника, и символизировавший эту же птицу, но сложившую крылья и камнем падающую на землю. Лира часто изображалась в виде хищной птицы, держащей в когтях собственно лиру.

У Майкла Скота Лира изображена лирой – музыкальным инструментом, а Падающим Коршуном он называет Стрелу и изображает на миниатюре хищную птицу, стоящую на стреле. Фоном служит изображение фигуры, которую некоторые схоластики называют Юпитером, а другие – Антиноем, что никак не проясняет трансформацию Стрелы в Коршуна. Вероятно, Скот не разобрался с изображениями предшественников, в которых Орел и Стрела изображены на одной миниатюре и именно в указанном виде: Орел стоит на Стреле. Так, в частности, изображены эти созвездия в «Лейденском Арате».

Еще одна абберрация возникла у Скота при интерпретации традиционного античного изображения Жертовника, который всегда иллюстрировался с пылающим жертвенным огнем. Вместо жертвенника или алтаря астролог изображает некую конструкцию, из которой бьют языки пламени и вылетают крылатые демоны омерзительного вида. Скот называет созвездие Колодец (Puteus), и это не что иное, как спуск в ад (Puteus Abissi, Адский Колодец или аббревиатура PVTI у последователей), что коренным образом отличается от исходного смысла. Впрочем, возможно,



Адский Колодец из Тюбингенской книги.

Источник: <https://www.thesaxlproject.com/>

это и не ошибка, а намеренное отторжение христианским автором языческого образа, или, более того, прямое отождествление: «языческая жертва – это путь в ад».

На миниатюре – загадочная фигура, держащая круг звезд, Млечный Путь – это созвездие Полуденный демон (Daemon Meridianus). Да, Майкл Скот включил в список созвездий Млечный Путь, который, в общем-то, иногда

Полуденный демон из «Книги введения»

Майкла Скота





Второй Конь из Тюбингенской книги.
Источник: <https://www.thesaxlproject.com/>

считался чем-то вроде созвездия (как позже считали «чем-то вроде созвездий» Магеллановы Облака). Например, он описан в «Катастеризмах» (в русском переводе «Превращения в звезды»), выпущенных под псевдонимом Эратосфена из Кирены (около 276–194 гг. до н.э.), ныне приписываемых Псевдо-Эратосфену, но ни Арат, ни тем более Птолемей, ни другие серьезные астрономы Млечный Путь созвездием не считают. А сам Полуденный демон, держащий собственно Млечный Путь, – изобретение Скота. Это демон полуденного зноя еврейской мифологии Кетев мерири (קטב מרירי): «Не убоишься ужасов в ночи, стрелы, летящей днем, язвы, ходящей во мраке, заразы, опустошающей в полдень», как сказано о нем в Псалтири [90, 5–6]. В христианстве этот демон стал изощренней: он наводил на людей, особенно на монахов, акедию (ἀκηδία) – непроходимое уныние и ощущение бессмысленности существования вообще и монашеского служения в частности.

В последующей иконографии Полуденный демон часто сопровождается

женской фигурой, иногда в монашеском одеянии, иногда двумя бесами, а иногда, впрочем, двумя ангелами. Звездный обруч представляется обычно в форме мандорлы («миндаль») – вертикально вытянутого заостренного овала. Это искусствоведческий термин для нимбоподобного свечения, окружающего святых, соответствующей миндалевидной формы. «Мандорлой», кстати говоря, Америго Веспуччи назвал новооткрытый Южный Крест. Упоминания Полуденного демона прослеживаются до XVI в. в популярной астрологической литературе и в календарях.

Интерпретация созвездия Второй Конь затруднительна. Второй Конь может быть и Малым Конем (этого классического созвездия нет в списке Майкла Скота), а может оказаться и Конём арабского астронома ас-Суфи: Скот вполне мог быть знаком с его «Книгой неподвижных звезд» («Kitāb suwar al-kawākib», 960 г.), где знаменитый арабский астроном приводит это созвездие в качестве примера староарабских созвездий. Изображения Второго Коня и Коня ас-Суфи, в общем, похожи, что делает предположение небезосновательным.

Сам Майкл Скот комментирует созвездие, ссылаясь на «поэтов» так. Излагая известный миф о Фаэтоне, он утверждает, что Второй Конь – не кто иной, как сам Фаэтон после падения, по просьбе Луны поднятый на небо Юпитером в виде тусклого маленького созвездия, «дабы у него больше не возникало опрометчивых желаний» и «для утешения». Остается непонятным, почему Фаэтон поднят на небо в виде коня? Может быть, это не сын Гелиоса Фаэтон, а один из коней Гелиоса, впряженных в упавшую колесницу? У Гелиоса был конь Фаэтон: нам об этом Гомер сообщает в «Одиссее» [XXIII, 245]. У каких именно «поэтов» Скот почерпнул



Созвездие Коня ас-Суфи. Источник:
<http://www.astromyth.ru/History/AlSufi.htm>

эту мифологическую информацию, не ясно; вероятно, что такой ссылкой он просто пытался придать авторитет неправильно понятой им информации из неизвестного источника.

Где на небе располагался Второй Конь Майкла Скота (если это не Малый Конь), выяснить сложно. Конь ас-Суфи, возможный прототип Второго Коня Скота, составлен из звезд Андромеды (голова), Пегаса (ноги) и Лебедя (спина и хвост) и целиком Ящерицы (грива). Сам же Скот, ссылаясь на тех же «поэтов», утверждает, что созвездие помещено Юпитером в виде слабых звезд между Девой, Львом и Возничим. Волосы Вероники между Девой и Львом вполне подходят на роль «небольшого созвездия из тусклых звезд», но Возничий находится слишком далеко от Девы и Льва. Так что утверждение Скота в любом случае сомнительно, принимать его на веру нельзя, а по-

тому идентификация Второго Коня как созвездия Волосы Вероники критична. Кроме того, как мы увидим далее, Волосы Вероники у Скота займет другое созвездие.

Эридан у Майкла Скота представлен мужской фигурой, лежащей ничком в потоке Эридана – или падающей в него. Трактовка образа неоднозначна: это может быть Фазтон, низверженный с неба в поток Эридана, или сам Эридан, бог реки. Исследователи, ссылаясь на композицию и позу изображенной фигуры, считают, что это Фазтон; с другой стороны, изображение реки в виде греческого Потома (Ποταμός), речного бога потока – общая традиция, которую Скот не мог не знать. Именно так, в виде мужской фигуры бога иллюстрирован Эридан в «Лейденском» и в «Харлеанском Арате». Этот неопределенный образ «опрокинутого» Эридана, приобретающая все большую двусмысленность, будет развиваться и дальше: копирующий скотовского длинноволосый юноша в «Астрономии» Гигина у Радольта (от 1482 г. и позже) в поздних изданиях превращается в женщину; на «Звездной карте» Петера Апиана (1540 г.; ЗиВ, 1995, № 3) несколько меняет позу,

Созвездие Эридан. Майкл Скот, Богемия, сер. XV в. Источник: <https://www.thesaxlproject.com/>





Фигура, играющая на кануне. Майкл Скот
«Ludovicus de Angulo», 3-я четверть XV в.
Источник: <https://www.thesaxlproject.com/>

но также оказывается девушкой; со «Звездной карты» через десять лет неизвестный автор воспроизводит девичий образ в росписи купола палатцо Беста в Теглио; а еще через полвека в 1575 г. другой неизвестный художник в росписи зала Небесного свода на вилле Фарнезе в Капрарола изображает и колесницу Гелиоса, которую несут потерявшие управление кони, и Фазтона, навзничь упавшего в поток Эридана, – но Фазтон при этом оказывается почему-то девушкой! И только Гуго Гроций в 1600 г. в «Построении по Арату» возвращается к классическому образу Потамоя из «Лейденского Арата», зрелого мужчины Эридана, покрытого водорослями и вальяжно полулежащего в потоках одноименной реки.

Чтобы запутать историка астрономии, а скорее, запутавшись сам, Скот предлагает еще одно, альтернативное изображение Эридана с длинным названием: Фигура, играющая на кануне

(Figura Sonantis Canonis)³. Созвездие было иллюстрировано сценой с человеком, сидящим в повозке и увлеченно играющим на струнном музыкальном инструменте, кануне (цитре). Скот комментирует, что это Фазтон, упавший в реку Эридан. Легкомысленный Фазтон, сидя в колеснице, бросил управление и вместо этого играл на цитре, «отвлекая лошадей», что и повлекло катастрофу. Конечно, такой трактовки мифа мы больше нигде не найдем. Исследователи полагают, что Скот был введен в заблуждение опиской в каком-то из средневековых трактатов, которым

пользовался в качестве источника: в нем звезда Канопус (Сапор, α Килья, в соседнем с Эриданом созвездии Корабль Арго) была названа Canon. Так вместо Канопуса получился музыкальный инструмент. Версия несколько надуманная, более правдоподобной не находится. Хотя Скот считал Фигуру... только лишь альтернативным изображением Эридана, у его последователей созвездие зажило самостоятельно: образ созвездия трансформируется, исчезает повозка, появляются бочки с вином, несколько ханжеская цитра заменяется дудкой и барабанами, а сам изображенный герой превращается в Шута (Joculator). Фактически это новое созвездие.

Можно предположить, что Фигура... занимала область между Эриданом и Кораблем Арго до Канопуса и простиралось под южный горизонт, достигая южного полюса Мира. (В размышлении-

³ Канун (канон) – струнный щипковый музыкальный инструмент типа цитры, распространенный в арабских странах.

ях о гипотетическом южном небе средневековые астрономы продлевали и Эридан до южного полюса.) Таким образом, скотовская Фигура... включала созвездия Живописец, Резец, Золотая Рыба, Сетка, Часы и Столовая Гора: нововведения 1763 г. французского аббата и астронома Николя де Лакайля (1713–1762).

Созвездие Астронотус – еще один результат таких «размышлений о гипотетическом южном небе», и предавался им в начале XI в. в итальянском монастыре Монтекассино анонимный автор небольшой несохранившейся рукописи, известной по копии XII в. На основе неопределенных упоминаний Овидия в «Метаморфозах» и Гигина в «Мифах» он предположил южное циркумполярное созвездие Астронотус. Гипотетическое созвездие хорошо идентифицируется Южной Коронай (которая носила эпитеты и *austrina*, и *notia*, «южная»), но, вероятно, также простиралось до южного полюса Мира, занимая область созвездия Павлин.

Майкл Скот, очевидно, был знаком с работой из Монтекассино и взял Астронотус для своего обновленного списка. Правда, вероятно, перепутав Северную и Южную Корону, он помещает новое созвездие между Северной Коронай и Геркулесом. Локализация близ Геркулеса встречается и у схолиастов. Это явная ошибка, и мы не будем на ней останавливаться. С другой стороны, в схолии Stroziana, LIV к «Введению» указывается, что как у Северного полюса Мира с приполярными Медведицами, у южного полюса тоже есть свои приполярные созвездия, которые мы (жители Северного полушария) никогда не видим. Одно из них – Астронотус.

Скот изображает Астронотус химерическим существом, женщиной-кентавром, впрочем, лошадиная ее часть часто имеет черты коровы: вымя или коровьи копыта. (Кстати говоря, локализация

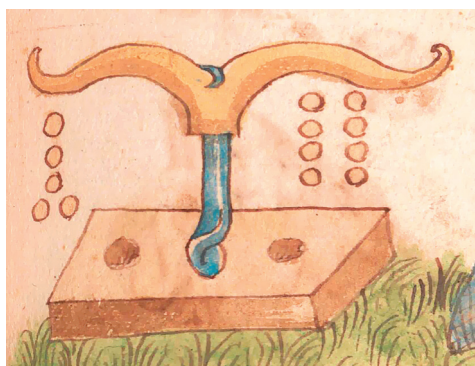


Астронотус, Майкл Скот, Германия.

Источник: <https://www.thesaxlproject.com/>

созвездия на месте Южной Короны формирует законченную группу: Центавра, несущего жертвенного Волка на Жертвенник, с другой стороны которого находится кентавресса-Астронотус.) Скот никак не комментирует образ кентавра созвездия, но указывает, что Астронотус «есть морская вода океана, а другое имя ей – Тефида (Τηθύς), жена Океана, кормилица Геры». Он считает, что титанида Тефида, жена Океана – кентавр? Как могла случиться такая подмена? Как титанида Тефида превратилась в кентавра, как попала на небо?

С этой трансформацией связана почти детективная история, уводящая нас в закоулки античной мифологии, далекие от знакомых сказок Н. Куна. У кентавра Хирона была дочь-кентавр Гиппия, или Оккироя, или Тея (как говорит Грейвс), или даже Меланиппа (хотя Меланиппа вообще-то дочь Гиппии). Имен называется много, сюжет мифов отличается (или неуместные пророчества, обидевшие Артемиду, или ее пренебрежительное поведение в отношении богини-охотницы, или нежелательная беременность), так



Теребеллум из Тюбингенской книги.

Источник: <https://www.thesaxlproject.com/>



Вексиллум из Тюбингенской книги. Источник: <https://www.thesaxlproject.com/>

или иначе дочь кентавра оказалась на небе в виде созвездия – называют Малого Коня или Пегаса (Гигин в «Астрономии»). Это не должно нас смущать: мы должны помнить, если уж герой мифа поднят на небо, то впоследствии он может оказаться любым созвездием или звездой, удобными для развития мифа.

Как бы ни звали поднятую на небо дочь кентавра, прежде она звалась Фетидой (Θέτις). Это странное место мифа, что значит «прежде она звалась»? – но мифотворцы дружно по-

вторяют эту подробность, и мы вынуждены с нею смириться. Ни в коем случае не следует отождествлять Фетиду, дочь Хирона, с нимфой Фетидой, дочерью Нереея, матерью Ахиллеса! Но давайте учтем еще одну особенность мифологической практики: если в ней что-то может быть отождествлено, то в каких-то версиях мифов это будет отождествлено. И действительно, в фессалийских мифах нимфа Фетида – дочь Хирона. Следующий шаг к появлению на небе Астронотуса сделали римские астрономы. Латинское созвездие Фидес – это Южная Корона, принявшее имя Fides римской богини верности клятве и кары за ее нарушение (ЗиВ, 2020, № 3). Похоже, латинская Фидес и греческая Фетида были также отождествлены на этом этапе. Таким образом, в результате фессалийских фантазий и римской неаккуратности дочь Хирона стала сопричастна к созвездию Южная Корона.

Наконец, последнюю ошибку, подмену нимфы Фетиды титанидой Тефидой, совершил уже сам Майкл Скот. Возможно, не зная греческого, он перепутал их латинские написания: Thetis (Фетида) и Tethys (Тефида) – и действительно, далеко ли до ошибки! К сожалению, это интересное созвездие не долго существовало на небе и забылось, не оставив следов.

Два последних созвездия, которые мы рассмотрим, Теребеллум и Вексиллум, авторские созвездия Майкла Скота, и до него они, кажется, не встречались у его предшественников. Как ни странно, в источниках они считаются неотожествленными, хотя как раз с ними никаких загадок нет.

Теребеллум (Terebellum) Скот иллюстрирует буром или сверлом, позже его называли по латыни Nereg или по-немецки Bohrer, что как раз и означает бур или сверло. Но фактически Terebellum по-латински – четырех-

угольник, и это известный с античности, упоминаемый еще Птолемеем астеризм, состоящий из четырех звезд Стрельца: ω , 59, 62 и 60. Правда, астеризм имеет форму скорее католического креста и не очень совпадает с изображением и описанием в «Книге введения».

Созвездие Вексиллум (Vexillum) – это древнеримский военный полевой штандарт. Он состоял из четырехугольного куска ткани, висящего на перекладине древка. Но Скот изображает скорее вымпел, и это лучше соответствует описанию формы созвездия. По Скоту, Вексиллум располагался между Львом и Девой. Это прямое заимствование: в староарабской доисламской астрономии здесь находился астеризм Флаг, или Fahne у немецких переводчиков. О нем упоминает Ричард Аллен



Римский вексиллум.
Источник: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vexilloid_of_the_Roman_Empire.svg

в «Имена звезд и их значения» (Star Names Their Lore and Meaning, 1963 г.). Скот, безусловно, мог быть знаком с арабскими работами, в которых фигурируют эти звезды. По описанию средневековых комментаторов созвездие представляет группу слабых звездочек, из которых две составляют древко, а каждая из оставшихся отмечает отдельный хвост полотнища развевающегося вымпела. Не приходится сомневаться, что это современные Волосы Вероники.

С некоторым сожалением можно признать, что

поиски новых идей в средневековой уранографии и астрономии остались мало результативными и ушли в песок астрологии. Расцвет «новых созвездий» пришелся на «эпоху небесных атласов». От Майкла Скота до них остается еще четыре века.


реклама

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ПЕРЕПЛЕТ

Рисунок на коже

Все виды тиснения

Кожанный переплет

Рельефное тиснение

Клише любой сложности

Полноцветная роспись обзоров

А также адресные папки, дипломы, футляры

Берёмся за работы любой сложности!
По всем интересующим вопросам пишите на почту isinityn@tnauka.ru

ПЛАНЕТА МАРС НА МОНЕТАХ МИРА

СОЛОМОНОВ Юрий Владимирович

Московское общество любителей астрономии

DOI: 10.7868/50044394822040107

Современная космическая нумизматика берет свое начало из юбилейных монет, которые выпускались в СССР в 1981–1991 гг. в честь покорителей космоса – от Юрия Гагарина до космонавтов, летавших в космос по международной программе «Интеркосмос»¹. Впрочем, на другой сторо-

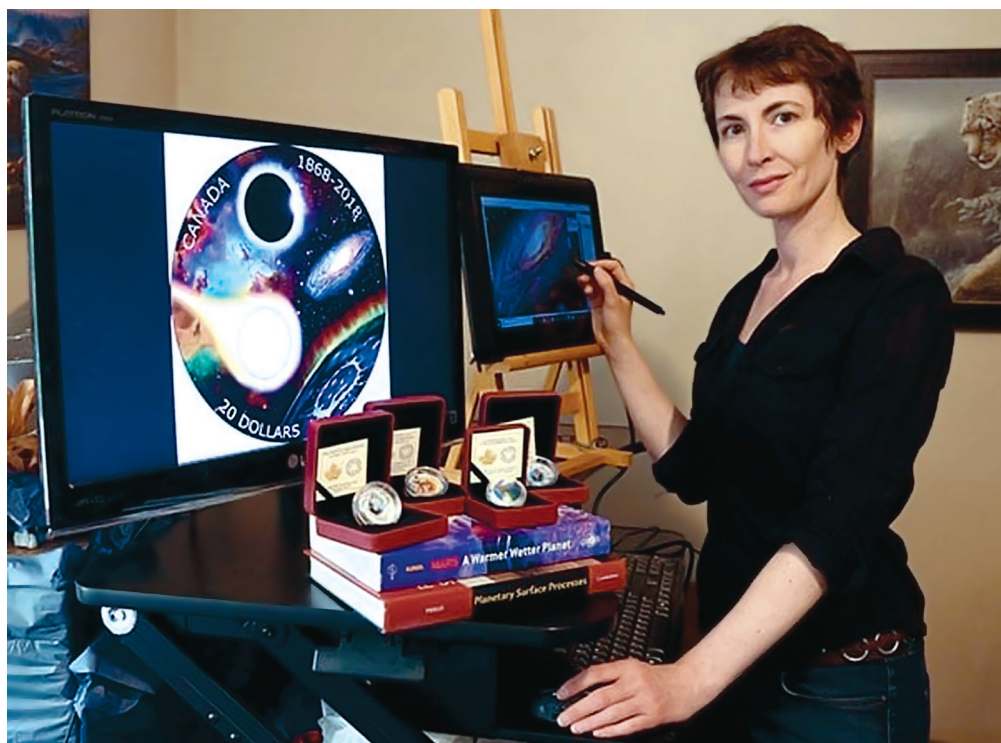
не земного шара – в США такие монеты стали появляться в 1968–1972 гг. в связи с успехами лунных экспедиций по программе «Аполлон»². На рубеже 1980–1990-х гг. от имени небольших стран монетные дворы стали чеканить монеты, юридически являющиеся законным платежным средством, а по

¹ Венецетин В.С. От полета Гагарина – к программе «Интеркосмос» // Земля и Вселенная, 1981, № 2; Римша М.А. Пятнадцать лет на трассах «Интеркосмоса» // Земля и Вселенная, 1984, № 6.

² Гольдовский Д.Ю. Научные итоги программы «Аполлон» // Земля и Вселенная, 1973, № 5; Шевченко В.В. Юбилей первой пилотируемой экспедиции на Луну // Земля и Вселенная, 2009, № 5.

Серия из 22-х бронзовых монет «Человек в космосе» (США, 2013 г.), посвященная полетам американских астронавтов на кораблях «Меркурий», «Джемини» и «Аполлон» в 1961–1969 гг.





Дизайнер Александра Лефорт с монетой к 150-летию Канадского астрономического общества

факту красивыми сувенирными изделиями, стоящими значительно выше номинала, в основном они были интересны коллекционерам. Примерно за 40 лет монетная индустрия этого направления прошла путь от «простых» монет из меди или никеля до художественных произведений, отчеканенных из драгоценных металлов, покрытых эмалью или специальными красками, инкрустированных метеоритами и даже изготовленных из них!

В отличие от филателии, которая была популярна в СССР и которой увлекались такие известные астрономы, как Александр Аронович Гурштейн (1937–2020) и Николай Николаевич Парийский (1900–1996), космическая нумизматика, во-первых, очень молодое направление, а во-вторых, значительно более дорогое (цены некоторых

монет достигают 2000 евро). И если в первом случае коллекционеры как-то объединялись между собой, то во втором – это довольно закрытое и отчасти элитарное общество. Мало известно и о создателях монет, их имена редко публикуют, особенно, если идет речь о выпуске монет от имени африканских и тихоокеанских стран: в большинстве своем такие работы выполняют удаленно и на конкурсной основе дизайнеры из разных стран. Впрочем, иногда информация появляется. Например об Александре Лефорт, которая работает с Канадским королевским монетным двором и является автором монет, посвященных 150-летию Канадского астрономического общества и первой канадской женщине-астронавту Роберте Бондар (совершила космический полет на шаттле «Дискавери»



Набор из 9 монет «Солнечная система» (реверс и аверс). Беларусь, 2012 г.

STS-42 в январе 1992 г. продолжительностью более 8 сут). В 2018 г. в интервью она поделалась тем, что является любителем астрономии, но видит в астрономии не науку, а искусство, которое и дает вдохновение. Чешский монетный двор сотрудничает с Асаматом Балтаевым, инициалы которого присутствуют на всех монетах, созданных этим автором. Причем ему принадлежит идея серии «Солнечная система», которая выходила в 2018–2020 гг. на Чешском монетном дворе, и начатой в 2022 г. новой серии «Млечный Путь» – она будет состоять из 12 монет, среди них есть посвященные Плутону, первому спутнику, собаке Лайке и комете Галлея. Сотрудничает с разными монетными дворами и российский дизайнер Дмитрий Фёдоров, на своем сайте он опубликовал наброски монет, в том числе и тех, которые дошли до чеканки, среди них серии, посвященные зодиакальным созвездиям и полярным сияниям.

Коллекционеры таких монет люди довольно закрытые, а небольшие частные монетные дворы не имеют демонстрационных залов из-за доро-

гой аренды. К тому же большинство таких монет имеют небольшие тиражи и продаются по всему миру через интернет-магазины. Лишь небольшая часть монет может быть выставлена как временная экспозиция или даже товар в фирменных магазинах, например Санкт-Петербургского или Московского монетного двора. Все это усложняет создание каталогов, ведь, когда монеты распродаются, их изображения и описания снимаются с сайтов, да и нет печатных каталогов, связанных с космической тематикой. Поэтому данная публикация уникальна – это первая попытка создания некоего каталога в журнальном виде. Дело в том, что одно время бытовало выражение: «Если бы Леонардо да Винчи рисовал Мону Лизу в электронном виде, до наших дней бы ее портрет не дошел бы». С этим трудно не согласиться, тем более что в то время, когда автор работал над материалом, в России произошло отключение многих сайтов и, соответственно, пропал и доступ ко многим информационным порталам. При этом, не смотря на активную цифровизацию,



Серебряная монета номиналом 50 долларов (аверс и реверс). Маршалловы острова, 1994 г.

бумажные носители до сих пор представляют определенный исторический интерес. В российском сегменте интернета, например, нет никакой информации о кометах 1970–1980-х гг., за исключением особо ярких. «Астрономические календари» ВАГО такую информацию содержат, но и не все выпуски их до сих пор переведены в цифровой вид. И это не только у нас. Подобная ситуация сложилась в США и Японии, где только недавно стали выкладывать в интернет журналы с описанием астрономических явлений и видимости тех же комет в 1930–1950-е гг.

Космическая нумизматика только набирает популярность, при этом с начала XXI века каждый год выходит свыше ста коллекционных монет, посвященных небесным телам, аэрокосмическим достижениям, космонавтам, астрономам или же сделанных из метеоритов. Осветить все, что выпущено в рамках одной статьи невозможно. Но на примере планеты Марс, мы рассмотрим весь путь космической нумизматики, а заодно и вспомним основные вехи в исследовании четвертой планеты Солнечной системы. Отметим, что

Марс как небесный объект после Земли и Луны является третьим по числу выпущенных монет космической тематики. Причем, мы не стали включать те монеты, которые посвящены всей Солнечной системе. Аверсы монет стран Британского содружества довольно традиционны и имеют портрет королевы Елизаветы II, на аверсах остальных стран изображены гербы государств.

ПЛАНЕТА МАРС И АРЕС

Тема Марса началась в 1994 г., когда от имени Республики Маршалловы Острова, расположенной в Тихом океане, был выпущен набор монет диаметром 38.6 мм и весом 31.1 грамма, посвященных Солнечной системе. Эта серия интересна тем, что на реверсе изображали аллегорическую фигуру древнегреческого бога войны Ареса (Αρης), сына Зевса и Геры, одного из богов Олимпийского пантеона, в честь которого планета и получила свое название. Арес стоит около изображения планеты, рядом с ним астрономический символ планеты и хищная птица-стервят-



Медно-никелевая монета номиналом 1 крона. Гибралтар, 1999 г.

ник, также связанная с мифологией. На монете Арес изображен с атрибутами бога войны – в шлеме и держащим копье, на поле боя он приходил в доспехах с оружием и щитом. К священным животным, которые посвящали Аресу, относятся волк, бык и лошадь, а также птицы, в первую очередь хищники – коршун и совы (сипуха и филин), ведь именно они ассоциируются с войной, жестокостью. Хотя священной птицей бога Марса, согласно мифам, был также пиктус из рода дятловых. На реверсе присутствует также латинское название, номинал, дата и звезды, символизирующие космос. Чеканились монеты из латуни с номиналом 10 долларов США и серебра 925-й пробы, их номинал равен 50 долларам. Совокупный тираж наборов превышал 50 тыс. штук и эти монеты до сих пор имеются в продаже.

Тему аллегии бога войны Марса подхватили и британские нумизматы, выпустив в 2001 г. от имени Гибралтара (заморская территория Великобритании) серию монет с изображением планет и соответствующих богов «Мифология Солнечной системы» диаметром

38.6 мм и весом 31.1 грамма (тираж не лимитировался). На этой монете Арес представлен в виде древнеримского легионера в доспехах с факелом и мечом на фоне знамени легиона и щитов. Слева от Ареса изображен Марс. На монете присутствует традиционный атрибут в виде символа планеты и названия. Ее номинал равен 1 кроне, она чеканилась из медно-никелевого сплава.

Продолжение темы «планет и богов» последовало в 2009 г. – в Международный год астрономии (ЗиВ, 2009, № 1), когда ряд нумизматических компаний выпустил серию разных монет, в том числе связанных с Марсом. Одна из них, диаметром 40 мм и весом 20 грамм, была выпущена от имени Островов Кука, архипелага, расположенного в Полинезии в южной части Тихого океана. На ней Арес представлен в виде античной статуи в шлеме и с мечом. По-видимому, дизайнеров вдохновили памятник полководца А.В. Суворова на Марсовом поле в Санкт-Петербурге (с него взяли меч, щит и шлем) и статуя на фасаде оперного театра им. Джузеппе Верди в Триесте (Италия), давшая изображению за

Золотая монета номиналом 10 долларов. Республика Фиджи, 2011 г.





Серебряная монета номиналом 1 доллар.
Республика Фиджи, 2011 г.



Серебряная монета с античной отделкой
номиналом 3000 франков. Камерун, 2020 г.

основу плащ и позу. Рядом с Аресом поместили цветное изображение планеты и, разумеется, традиционный символ и название планеты, надпись «Международный год астрономии». Номинал монеты равен 5 местным долларам, курс равен новозеландскому доллару, она отчеканена из серебра 999-й пробы, тираж составил 2000 штук.

Аналогичные по дизайну монеты выпустили через два года и от имени Фиджи – островного государства в Океании. Золотые монеты (999-я проба, диаметр 11 мм, вес 0.5 грамма, тираж 2000 штук) лишились цветного изображения планеты с реверса, на нем остался лишь античный бог в шлеме, с мечом и щитом, название и символ Марса. Тогда как серебряные монеты изменились не кардинально, на реверсе этих монет написано слово «Астрономия» на нескольких языках, включая русский. Золотые имели номинал 10 долларов, серебряные – 1 доллар. В конце 2011 г. подготовили более дешевый аналог серии от имени Островов Кука. Монеты отчеканены из латуни, их номинал равнялся 5 центам. На реверсе сделали

большее изображение планет без фаз, немного сдвинули статую и символ Марса. На внешнем кольце оставили надпись серии «Солнечная система» и название планеты.

Вершиной развития нумизматического искусства в серии «Планеты и боги» стоит считать одноименную серию Камеруна от монетного двора «Mint21», которую тот начал в 2019 г. с планеты Меркурий. Редкая монета с Марсом была представлена незадолго до его противостояния в 2020 г. Планета изображена слева в виде рельефа в цвете, чего удалось добиться чеканкой методом античной отделки (со старено под старину), рядом – сидящая фигура Ареса с традиционными атрибутами: боевыми шлемом, мечом и щитом. Дизайнеры добавили копье и наплечные доспехи. Номинал монеты равен 3000 франков Камеруна, она отчеканена из серебра 999-й пробы. Ее диаметр равен 55 мм, что значительно больше всех аналогичных монет, не превышающих 40 мм. Вес монеты равен 93.3 грамма, тираж был небольшим и составил всего 500 штук.

СЕРИЯ «СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА» И НЕ ТОЛЬКО

Другое развитие нумизматического искусства, уже без античного бога Ареса, но с рельефным изображением планеты также прошла свое развитие. Большинство таких монет выходили в серии или в наборе, посвященном Солнечной системе. Впрочем, были и исключения.

Темп задали дизайнеры германского монетного двора В.Н. Mayer's Kunstprägeanstalt GmbH, выпустившие в Международный год астрономии серебряную монету со специальным омеднением под цвет грунта Марса, что создало точную имитацию поверхности планеты. Довершала работу вставка из марсианского метеорита NWA 4925 (масса вставки производитель не указал, но обычно она редко превышает 1 грамм), который был найден в 2007 г. в северо-западной Африке. Она выпущена от имени Островов Кука номиналом 5 долларов



Серебряная монета из набора к 40-летию «Аполлон-11» номиналом 10 долларов. Острова Кука, 2010 г.

и отчеканена из серебра 925-й пробы, ее диаметр 28.6 мм, вес 20 грамм, тираж составил 2500 штук.

Близкая по сюжету монета с изображением Марса отчеканена в 2010 г. от имени Островов Кука в наборе, посвященном 40-летию лунной миссии экипажа корабля «Аполлон-11», поэтому

Серебряная монета с метеоритной вставкой номиналом 5 долларов (реверс и аверс). Острова Кука, 2009 г.





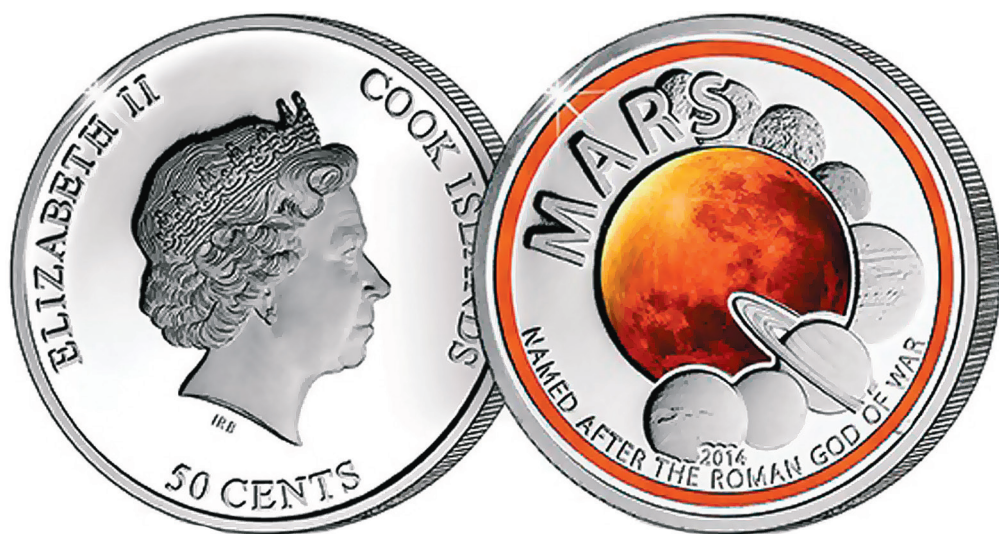
Серебряная монета из набора «Солнечная система» номиналом 10 рублей (реверс и аверс). Республика Беларусь, 2012 г.

не стоит удивляться тому, что сверху, над красочным видом планеты, помещены цифры 1969–2009 и надпись, означающая в переводе на русский «Один маленький шаг...», эту фразу сказал первый астронавт на Луне Нейл Армстронг³. Кроме Марса, на монетах изображены космические станции, фотографии галактик, и что удивительно – собака Лайка – первое животное, совершившее орбитальный полет в ноябре 1957 г. – оказавшаяся в этой серии, явно по не знанию истории космонавтики, потому что ни Ю.А. Гагарин, ни В.В. Терешкова, ни первый искусственный спутник так и не попали на монеты этого набора. Номинал монеты 10 долларов, диаметр 14 мм, вес 2 грамма, отчеканена из серебра 925-й пробы, тираж неизвестен.

В Международный год астрономии польский монетный двор представил набор пробных серебряных слитков, посвященных планетам Солнечной

системы. Работа дизайнера реверса У. Валежака, видимо, приглянулась руководству Национального банка Республики Беларусь, и в 2012 г. слитки превратились в монеты диаметром 38 мм и весом 20 грамм, имеющие статус законного платежного средства с номиналом 10 рублей. Пока это единственная подобная серия на постсоветском пространстве тиражом 11 111 экземпляров. На реверсе в центре изображение Марса, выполненное методом тампопечати (разновидность глубокой печати, когда эластичный промежуточный элемент, переносящий изображение, называемый «тампоном» или «роллером», позволяет переносить изображение с печатных форм глубокой, плоской, высокой и трафаретной печати на поверхности практически любой формы), справа под ним – изображение астрономического символа планеты, слева – на латинском языке надпись: «MARS». В качестве фона использованы стилизованные изображения фрагментов карт звездного неба XVI века и орбиту Марса. На аверсе

³ Памяти Нейла Армстронга // Земля и Вселенная, 2013, № 1.



Серебряная монета из набора «Солнечная система» номиналом 50 центов (аверс и реверс). Острова Кука, 2014 г.



Бронзовая монета из набора «Солнечная система» номиналом 2 доллара. Австралия, 2017 г.

на фоне стилизованного изображения фрагмента Солнечной системы, внутри которого по кругу на латинском языке надпись: «SYSTEMA SOLARE» – античная скульптура Атланта, держащего на плечах планету Земля; сверху – ре-

льефное изображение Государственно-го герба Республики Беларусь.

В 2014 г. вновь от имени Островов Кука выпустили уникальную серию монет «Солнечная система». Она интересна тем, что каждой планете согласно ее размеру присвоили номинал в виде долларов и центов, да еще и сделали все планеты светящимися в темноте, что для космической нумизматики в те годы было довольно необычно. Планете Марс соответствовала монета номиналом 50 центов, ее размер – 22.5 мм, масса 5 грамм. Для сравнения монета Юпитер имела номинал 5 долларов, диаметр 100 мм, а масса – 290 грамм, аналогичный номинал имела и монета Сатурн, правда ее диаметр равнялся 80 мм при массе 224 грамма. Все монеты набора чеканились из серебра 925-й пробы, тираж неизвестен.

Через три года аналогичную серию выпустил и Королевский монетный двор Австралии. Монета «Марс» диаметром 20.5 мм и массой 6.6 грамма, номиналом в 2 доллара. Во внутрен-



Серебряная монета с античной отделкой и вставкой из метеорита номиналом 1 доллар (реверс и аверс). Республика Ниуэ, 2016 г.



Серебряная монета со вставкой из метеорита номиналом 1 доллар (реверс и аверс). Республика Ниуэ, 2017 г.

нем круге реверса монеты расположено изображение Красной планеты. На внешнем кольце на фоне звездного неба помещены марсианский пейзаж и марсоходы, вверху расположено название планеты «MARS», внизу – соответствующий ей астрономический

символ. Отчеканили монету не из драгоценного металла, а из алюминиевой бронзы, тиражом 10 тыс. штук.

Тогда же дизайнеры-нумизматы вновь вернулись к теме метеоритных вставок в марсианские монеты. Выпустились они от имени Острова Ниуэ,



Серебряная монета в форме линзы со вставкой из метеорита номиналом 20 долларов (реверс и аверс). Острова Кука, 2017 г.



Серебряная монета с портретом Иоганна Кеплера и тремя метеоритными вставками номиналом 1000 франков. Буркина-Фасо, 2017 г.

расположенного в Полинезии в Тихом океане. В 2016 г. появилась редкая уникальная монета диаметром 38.6 мм, весом 31.1 грамма, номиналом в 1 доллар (номинал указан на реверсе) с красочным изображением планеты, окру-

женной метеоритами разных размеров. В центре включен фрагмент метеорита NWA 6963 массой 1 грамм. Он был найден в 2012 г. в пустыне на территории Марокко и ученые предполагают, что он является фрагментом грунта Марса. Монета отчеканена из серебра 999-й пробы, тираж составил 500 штук. Через год вышла еще одна подобная монета в серии «Солнечная система». На реверсе с помощью специальной антикварной меди изображена поверхность Красной планеты. Внутри одного из кратеров помещен кусочек метеорита-шерготита⁴ NWA 7397 массой 2.1 грамма, найденного вблизи города Смара в Марокко в июне 2012 г.

Другая редкая монета номиналом в 20 долларов была создана компанией NumisCollect (Нидерланды) в серии «Метеориты» с названием «Метеорит – Марс Красная планета». Она отчеканена в форме линзы. Реверс вы-

⁴ https://livepcwiki.ru/wiki/Martian_meteorite;
<https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php?code=55749>

пуклый и отображает рельеф Марса с множеством кратеров различной величины. В центре реверса, расположена вставка из окрашенного декоративного стекла. В нижней части присутствует кусочек метеорита NWA 7635 «Северо-Западная Африка». Такое название марсианский метеорит получил, поскольку был найден в 2012 г. в Алжире. Монета изготовлена из серебра 999-й пробы, диаметр – 65 мм, масса – 93.3 грамма, тираж – 333 шт.

Но не только от имени государства Ниуэ (Полинезия) в те годы чеканились монеты с метеоритными вставками. От имени пары африканских стран Бенин и Буркина-Фасо были выпущены довольно уникальные монеты с изображением Красной планеты. Номинал каждой из них составил 1000 франков. В 2017 г. от имени Буркина-Фасо издана монета в серии «Гелиоцентризм»: на ее реверсе три вставки фрагментов марсианских метеоритов NWA 7397, NWA 6234 и Tindouf 002. Рядом с портретом немецкого астронома Иоганна Кеплера⁵, «одного из величайших сторонников гелиоцентризма и исследователя планеты Марс, первооткрывателя законов движения планет Солнечной системы на основании наблюдений движения Марса по орбите», как гласит пресс-релиз, размещено изображение Марса. Монета массой 31.1 грамма и диаметром 44 мм содержит серебро 999-й пробы, она выпущена тиражом 500 штук.

В 2019 г. в аналогичной монете от имени государства Бенин дизайнеры швейцарского монетного двора «HelvetiaMint» использовали идею



Серебряная монета, посвященная К.Э. Циолковскому номиналом 1000 франков. Бенин, 2019 г.

«ученый и планета». Правда, метеоритных вставок в ней не было. Посвящена монета основоположнику теоретической космонавтики К.Э. Циолковскому (ЗиВ, 2007, № 5) и называется «Покорение космоса», что, вероятно, говорило о том, что выпуск должен был быть продолжен. Но пока это единственная монета в серии. На ее левой части реверса расположено цветное изображение фрагмента картины художника В.П. Любимова «Циолковский», справа от которого находятся стилизованные чертежи и формулы. В правой части на фоне звездного неба запечатлены первый искусственный спутник Земли, планета Марс, космонавт, самоходный аппарат «Луноход-1» и помещена надпись «Покорение космоса». Монета диаметром 38.6 мм и массой 20 грамм выплавлена из серебра 925-й пробы, выпущена тиражом 5000 штук.

Марсианские метеориты, вставлялись не только в серебряные монеты, но и в золотые. Одна из первых подобных монет можно считать продукцию компании Numiscom (Германия), которая в 2016 г. начала серию «Метеориты»

⁵ Микиша А.М. Иоганн Кеплер (к 400-летию со дня рождения) // Земля и Вселенная, 1971, № 6; Еремеева А.И. Кеплер и естествознание // Земля и Вселенная, 1972, № 1; Лишевский В.П. Кеплер и его законы движения планет // Земля и Вселенная, 1994, № 1.



Золотая монета с вставкой метеорита
в 3000 франков. Чад, 2016 г.



Золотая монета с полимерным кольцом
в 1000 франков. Гвинея, 2017 г.



Монета из золота с метеоритной вставкой
номиналом 100 франков. Республика Конго,
2016 г.

с изображением Марса и вставкой из метеорита от имени государства Чад. Их номинал составил 3000 франков, диаметр 11 мм, масса 0.5 грамма, тираж 5000 штук. На реверсе данной монеты помещена карта Земли с материками и летящий метеорит с газовым хвостом. К сожалению, производитель

не указал, фрагмент какого именно метеорита был вставлен.

Аналогичную монету, но чуть позже представили от имени Республики Конго – бывшей французская колония, не следует путать с бывшей бельгийской колонией, которая сначала называлась Заир, ныне это Демократическая республика Конго. Правда, тираж монеты из золота 999-й пробы по сравнению с монетой Чада был в два раза меньше, да и планета не присутствует на ней, но зато ее украшают вставка из марсианского метеорита, летящего в космическом пространстве в сторону Земли, и надпись «Марсианский метеорит». Номинал монеты 100 франков, диаметр 11 мм, масса 0.5 грамма, тираж 2500 штук.

Довольно креативное изображение Марса на золотых монетах появилось через год – в 2017 г., когда вышла серия монет, эмитентами которых стали многие государства Центральной Африки. Отличались изображения на монетах только аверсами – менялись гербы и названия стран, а реверс был одинаковым. Одну из них представим, она



Золотая прямоугольная монета с метеоритной вставкой номиналом 100 франков.
Демократическая Республика Конго, 2018 г.

выпущена от имени Гвинеи и посвящена Марсу. Внутри полимерного кольца красного цвета изображена схематическая карта планеты, ее номинал равен 1000 франков, диаметр 11 мм, масса 0.5 грамма, тираж полностью совпадают с метеоритной монетой от имени государства Чад.

Тему метеоритов в золоте продолжили монеты, выпущенные в 2018 г. от имени Демократической Республики Конго. Первая монета была посвящена марсианскому метеориту NWA 7034, он был найден в Марокко в 2011 г., масса находки составила 320 грамм, из них большая часть ушла по частным коллекциям и для нужд различных монетных дворов. На реверсе на этот раз прямоугольной золотой монеты изобразили планету Марс с полярной шапкой, летящий с него метеорит с газовым хвостом, астероиды и звезды. Номинал – 100 франков, размеры – 25 × 18 мм, масса – 0.5 грамма, тираж 500 штук. Через год вышли 7 прямоугольных монет с метеоритными встав-

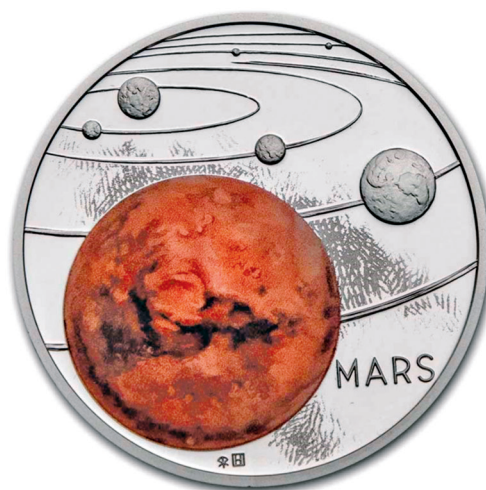
ками в серии «Солнечная система-7» (последняя на сегодняшний день, посвященная Марсу), отчеканенные из серебра от имени государства Гана номиналом 5 седи, они имеют те же размеры, массу 4 грамма, тираж – 777 штук.

В 2019 г. индийский штат Азад Джамму и Кашмир выпустили набор из 8 монет «Солнечная система», отчеканенных из стали номиналом в 1 рупий, причем они имели законный статус платежного средства, только на территории этого штата, так что их смело можно называть единственными подобными монетами. На реверс была нанесена специальная наклеиваемая пленка с цветным изображением планет, на аверсе изображен герб штата и его название на английском и арабских языках. Марс представлен с полярной шапкой на фоне звездного неба со словами Solar system и Mars. Диаметр монеты 24 мм, масса 40 грамм, тираж неизвестен.

В том же году Чешский монетный двор начал чеканку серии памятных



Стальная монета индийского штата Азад Джамму и Кашмир в 1 рупий. Реверс и аверс. 2019 г.



Серебряная монета номиналом 1 новозеландский доллар (реверс и аверс). Республика Ниуэ, 2020 г.

монет, посвященных Солнечной системе. Монету в честь Марса отчеканили в 2020 г., на рынок она вышла незадолго до противостояния этой планеты. На реверсе изображен Марс (выделен селективным окрашиванием) на фоне схемы орбит с планетами Солнечной системы. Аверс также сделали космическим – с изображением схем орбит планет, на котором выгравированы

их символы, в центре орбит помещен портрет королевы Елизаветы II. Монету выпустили от имени Острова Ниуэ, ее номинал равен 1 доллару, тираж составил 800 штук.

В США чеканку выпуклых монет из серебра 999-й пробы в серии «Солнечная система» начали в 2020 г., выпустив во второй половине 2021 г. монету, посвященную Марсу. На реверсе поме-



Монета из серебра в 1 доллар (реверс и аверс). США, 2020 г.



Серебряная монета номиналом 500 франков (реверс и аверс). Камерун, 2021 г.

щено красочное изображение планеты на фоне космического пространства и яркого Солнца, на аверсе – орла с оливковой ветвью с эмблемы полета космического корабля «Аполлон-11», символизирующей высадку американцев на Луну. Это отсылка к реверсу монеты «Доллар Эйзенхауэра», которая была регулярной монетой США и выпускалась в 1971–1974 гг. в двух метал-

лах: медно-никелевый сплав и серебро, с 1977 по 1978 г. – только медно-никелевым. Номинал равен 1 доллару, диаметр 38.6 мм, масса 31.1 грамма, тираж 1500 штук.

После окончания серии «Планеты и боги» от имени государства Камерун в конце 2021 г. Польский монетный двор начал новую серию «Солнечная система». В центре реверса под



Сферическая серебряная монета в 5 долларов (аверс и реверс). Барбадос, 2021 г.

стилизованным стеклянным куполом показано красочное изображение одной из планет, которому оно посвящено, в окружении орбит планет и созвездий. На данной монете помещено цветное изображение Марса. Аверс традиционный – с гербом государства, названием страны и стоимостью. Номинал 500 франков, отчеканена из серебра 999-й пробы, диаметр – 50 мм, масса – 17,5 грамма, тираж – 555 штук.

Вершиной развития монет, посвященных планете Марс, если не считать монет, посвященных космическим полетам, стоит считать работу нумизматов, выпустивших сферическую монету. Ранее аналогичные монеты чеканились и продолжают выпускаться только по теме Земли и Луны. Монета оказалась довольно популярной, так что, вероятно, чеканился дополнительный тираж, так как на аверсах имеются отличия в написании даты, в 2022 г. вышла аналогичная монета с Меркурием. Все они выпускаются от имени государства Барбадос, имеют номинал 5 долларов, диаметр 33 мм. На условном (из-за сферической формы определить аверс и реверс этой монеты довольно

тяжело) аверсе монеты «Сферический Марс» 2021 г. изображена в цвете карта планеты, на реверсе – герб Барбадоса и стоимость, ее тираж приличный – 1999 штук.

ИНВЕСТИЦИОННЫЕ МОНЕТЫ

Инвестиционная монета (тезаврационная, весовая монета) сделана из драгоценного металла, эмитируемая центральными банками, она предназначена в основном для инвестирования и создания личного фонда сбережений (тезаврации) населением. В России – это «Святой Георгий», в США – «Шагающая свобода», в Китае – «Панда», в Канаде – «Кленовый лист» и т.д. Частные монетные дворы довольно много занимаются «доработкой» продукции, прорисовывая различные пейзажи, инкрустируя драгоценными камнями и метеоритами. У всех инвестиционных монет диаметр равен 38,6 мм, масса – 31,1 грамма.

Хорошим примером здесь могут служить монеты «Шагающая свобода» номиналом 1 доллар, отчеканенные из



Инвестиционные серебряные монеты «Шагающая свобода» номиналом 1 доллар (реверсы).
США, 2014 и 2016 гг.



Серебряная инвестиционная монета
номиналом 5 долларов (реверс).
Канада, 2018 г.



Инвестиционная серебряная монета
«Шагающая свобода» в 1 доллар с раскраской
от частного монетного двора (реверс).
США, 2021 г.

серебра 999-й пробы. В 2014–2015 гг. в США была выпущена серия монет «Солнечная система». Кроме 8 планет, включая, разумеется, и Марс («Шагающую свободу» поместили вместе с изображением Марса, восходом Солнца и надписью Liberty), в нее вошли два спутника Юпитера Ио и Каллисто, чем

собственно она и выделялась от остальных, где обычно для ровного счета в наборе добавляют Солнце с Луной или же Плутоном, который лишился статуса большой планеты в 2006 г. и был переведен в карликовые. Тема Марса была продолжена и в 2016 г., когда Статую Свободы изобразили на фоне

марсианского пейзажа, да еще и сделала вставку из метеорита. Тиражи монет мизерные – не более 100 штук.

В 2018 г. Королевский монетный двор Канады решил выпустить набор, посвященный Вселенной и включавший в себя 16 монет номиналом 1 доллар, отчеканенные из серебра 999-й пробы, где было изображение красочного космоса: планет, звезд и галактик. От аналогичных он отличался и наличием в серии монеты, посвященной спутнику Сатурна Титану. Все эти небесные объекты размещались за знаменитым Кленовым листом – все-таки серия на базе инвестиционной монеты. На фоне звездного неба помещено цветное изображение Марса, который закрывает осенний лист клена. Тираж монет тоже маленький – 100 штук.

Тему же раскраски инвестиционных монет, уже не только в честь планеты Марс, но и в честь экспедиций к нему межпланетных станций, продолжили в 2017 г., причем изменили не только реверс, но и аверс монеты. В 2021 г. частный монетный двор Польши в честь успеха миссии американского марсохода «Персеверанс» украсил монету, нарисовав схематическую траекторию перелета от Земли до Марса и даже указав 2026 г. с вопросом, как год вероятной высадки человека на Марс. Как и у остальных монет, их тиражи были ничтожными – не более 100 штук.

Автор статьи выражает благодарность итальянскому нумизмату Иларио Скватрито (Ilaria Squatrito) за помощь в подготовке материала.



А вы отправили обязательный экземпляр?

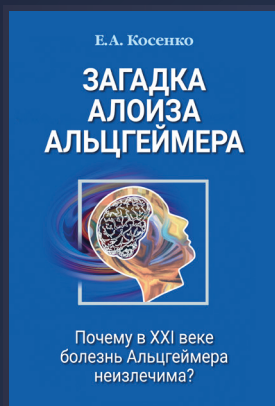
Издательство «Наука» предлагает организациям
и независимым издателям услугу по отправке
Обязательного Электронного Экземпляра
в Российскую государственную библиотеку
и Российскую книжную палату

При размещении научных, научно-популярных книг и журналов в Электронной библиотечной системе
Издательства «Наука» (libnauka.ru) данную услугу мы предоставляем бесплатно

Задать вопрос и узнать о стоимости услуги вы можете по адресу oe@naukaran.com

Реклама

С новыми книгами
Издательства “Наука”
вы можете ознакомиться на сайте
naukabooks.ru



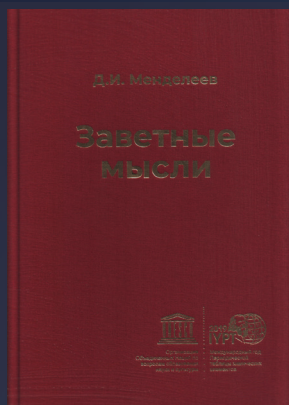
Косенко Е.А.

Загадка Алоиза Альцгеймера. Почему в XXI в. болезнь Альцгеймера неизлечима?

М.: Наука, 2019. — 319 с.

В монографии изложена актуальнейшая на сегодняшний день медико-биологическая проблема, связанная с болезнью Альцгеймера (БА), и предпринята попытка ответить на вопрос: почему заболевание, известное с начала XX в. и на изучение которого тратятся триллионы долларов, в настоящее время все еще остается неизлечимым, а имеющиеся антиамилоидные препараты приносят больше вреда, чем пользы? Для объяснения механизмов, лежащих в основе нейродегенерации при БА, формулируется «эритроцитарная гипотеза», согласно которой эритроциты рассматриваются не просто как клетки, переносящие кислород, а как клетки, от эндогенного метаболизма которых зависит адекватная доставка кислорода в ткани, и в частности в мозг. Именно функциональное несоответствие между эритроцитами и биоэнергетикой мозга, считает автор, лежит в основе гибели нейронов.

Книга может быть интересна широкому кругу читателей – студентам, обучающимся по специальностям «биология», «биомедицина», а также физиологам, биохимикам научно-исследовательских лабораторий, преподавателям высших образовательных медицинских и биологических учреждений.



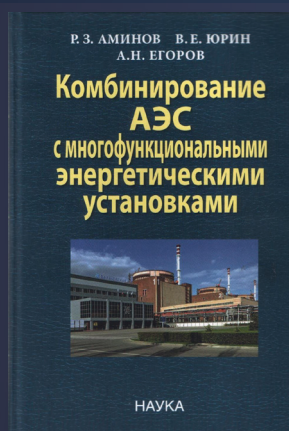
Менделеев Д.И.

Заветные мысли.

М.: Наука, 2019. — 310 с.

Д.И. Менделеев в работе «Заветные мысли» рассуждает о желательных, на его взгляд, путях развития России в геополитической, экономической и научной областях. Круг анализируемых ученым вопросов чрезвычайно широк: государственное устройство, образование, народонаселение, внешняя торговля, взаимосвязь между просвещением и национальным богатством, баланс между промышленностью и сельским хозяйством и т.д. По существу, «Заветные мысли» – духовное завещание Д.И. Менделеева потомкам.

Для широкого круга читателей.



Аминов Р.З., Юрин В.Е., Егоров А.Н.

Комбинирование АЭС с многофункциональными энергетическими установками.

М.: Наука, 2018. — 238 с.

В работе предложен новый взгляд на повышение безопасности АЭС. Разработаны и исследованы многофункциональные системы, включающие такие установки, как дополнительная паровая турбина, тепловые аккумуляторы, водородный комплекс и газотурбинные установки, позволяющие обеспечить надежное электроснабжение собственных нужд АЭС в аварийных ситуациях с обесточиванием. Исследован способ использования остаточного тепловыделения реакторов типа ВВЭР для генерации электроэнергии, необходимой для отвода остаточного тепловыделения в аварийных ситуациях с полным обесточиванием. Разработана система уравнений и построены скелетные таблицы свойств диссоциированного водяного пара, которые позволяют проводить промышленные термодинамические расчеты параметров рабочего тела водородных циклов. Исследованы процессы сжигания водорода в кислородной среде, а также определены ресурсные показатели основного оборудования водородного энергокомплекса, работающего в циклических режимах.

Для научных работников, специалистов, аспирантов, студентов старших курсов теплоэнергетических специальностей.

naukabooks.ru

Михаил Исаакович Синельников – поэт и переводчик, исследователь литературы, автор многих авторских сборников и переводов.

В журнале ЗиВ уже публиковались его работы: отрывок из переложения эпоса «Нарты» в его тюркском (карачаевско-балкарском) варианте (ЗиВ, 2019, № 6) и подборка стихотворений «Пройдя по зеленой Земле» (ЗиВ, 2021, № 4).

DOI: 10.7868/50044394822040119

Михаил СИНЕЛЬНИКОВ

* * *

Л.М. Зелёному

Изменилось теперь ремесло звездочёта,
Льются радиоволны и спектры цветут,
Переходит в дневную ночная работа
В безысходном плену у веков и минут.

Так тревожна бессонница нобелиата,
В небеса он с пытливостью жадной глядит,
Как и тот, кто смотрел с высоты зиккурата,
Или вышедший в лес из пещер троглодит.

А ещё так недавно лишь чудом хранимы
Были чада Адама, и пустела Земля,
И в скафандрах кружились над ней серафимы,
Проверяя винты своего корабля.

И всё более сонмы вселенных далёки,
Но, как прежде, желания не превозмочь
Видеть бездну, откуда вернутся пророки,
Унесённые заживо в звездную ночь.

29 августа 2021 г.

«PER ASPERA AD ASTRA»

СЕЛИВАНОВА Ольга Владимировна,

кандидат исторических наук

Архив РАН

DOI: 10.7868/50044394822040120

26 октября 2021 г. в Архиве Российской академии наук открылась документальная выставка «Per aspera ad astra» («Через тернии к звездам»). В ее открытии участвовали: директор Архива РАН А.В. Работкевич, летчик-космонавт, дважды Герой Советского Союза, академик РАН В.П. Савиных, научный руководитель Института космических исследований РАН академик РАН Л.М. Зелёный, замести-

тель директора Архива РАН Н.М. Осипова, начальник Отдела комплектования Архива РАН О.В. Селиванова. После приветственной речи А.В. Работкевича выступили почетные гости: В.П. Савиных, Л.М. Зелёный, Ученый секретарь Совета РАН по космосу А.М. Мерзлый, дочь летчика-космонавта, дважды Героя Советского Союза А.А. Губарева О.А. Губарева, исполнительный директор Ассоциации музеев космо-



На открытии выставки «Per aspera ad astra»: О.В. Селиванова, Н.М. Осипова, А.В. Работкевич, Л.М. Зелёный, В.П. Савиных, А.М. Мерзлый

навтики России (АМКРС) А.С. Марусев. В.П. Савиных поделился воспоминаниями о полетах с представителями стран-участниц программы «Интеркосмос» – с космонавтами-исследователями А. Александровым (БНР) и Ж. Гуррагчой (МНР). Л.М. Зелёный рассказал о готовящейся российской лунной программе и предстоящем полете «Луны-25», а также о связях Академии наук с бывшими странами-участницами программы «Интеркосмос», в частности, с Болгарией и Польшей, после распада СССР и прекращения программы. Об участниках советско-чехословацкого полета – первого международного полета по программе «Интеркосмос», А.А. Губареве и В. Ремеке рассказала О.А. Губарева, вспоминая о предполетных домашних «тренировках» на вращающихся стульях.

Выставка отражает вклад ученых, специалистов космической отрасли и Академии наук в освоение космического пространства. Такая выставка не случайно организована в стенах Архива РАН – развитие и осуществление идей покорения космоса в первую очередь связано с учеными и Академией наук.

Архив РАН, старейший научный архив нашей страны, хранит большой комплекс личных фондов ученых и научных учреждений, представляющих документальные тому подтверждения. Так, в фондах К.Э. Циолковского, Ф.А. Цандера, Ю.В. Кондратюка (А.И. Шаргея), С.П. Королёва, М.В. Келдыша, В.П. Мишина, В.П. Глушко содержатся уникальные рукописи исследований, чертежи, фотографии, докладные записки, официальные отчеты по испытаниям, личная переписка, дневники и т.п.¹ Архив РАН и в настоящее



Знакомится с одной из витрин раздела «Интеркосмос» академик РАН, дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт В.П. Савиных (справа). Экскурсию по выставке проводит О.В. Селиванова (слева)



В одном из разделов выставки: витрины с документами об изучении поверхности Луны и юбилейным альбомом с шаржами, подаренным сотрудниками ГЕОХИ АН СССР директору А.П. Виноградову. АРАН. Ф. 1691. Оп. 3

¹ Селиванова О.В. Пионеры ракетной техники. Документы из личных фондов К.Э. Циолковского, Ф.А. Цандера, Н.А. Рынина и С.П. Королёва в Архиве РАН // Земля и Вселенная, 2021, №№ 1, 3, 4.



Первая бригада ГИРДа на Нахабинском полигоне перед пуском ракеты «ГИРД-Х». 25 ноября 1933 г. АРАН. Ф. 1546. Оп. 1. Д. 75

время продолжает комплектование своих фондов документами по космической тематике и по праву может представить исследователям широкий спектр научных материалов по изучению и освоению космоса.

Представленная экспозиция, содержащая более 100 подлинных документов и артефактов, стала первой в цикле планируемых ежегодных выставок, приуроченных к разным космическим юбилеям. В этом году «Per aspera ad astra» отражает два тематических блока.

Первый блок посвящен 90-летию создания ГИРД (Группы изучения реактивных двигателей, или, как шутили сами гирдовцы, «группы инженеров, работающих даром»)². Эта организа-

ция, созданная осенью 1931 г., наряду с работавшей в Ленинграде Газодинамической лабораторией была одним из первых в стране научно-исследовательских коллективов, приступивших к разработке и первым экспериментам по созданию ракет с жидкостными двигателями³. Здесь работали такие энтузиасты ракетной техники, как Ф.А. Цандер, Б.И. Черановский, В.П. Ветчинкин, С.П. Королёв, М.К. Тихонравов, Ю.А. Победоносцев.

Посетители выставки могут увидеть подлинные документы – объявление о записи желающих при Центральном Совете Осоавиахима заниматься проектированием и постройкой реактивных двигателей от 20 октября 1931 г., схеме реактивного двигателя на жидком горючем, записи 1934 г. результатов огневого испытания объекта 02, донесение летчика С.П. Королёва Комиссии по испытанию ракетоплана РП I № 1 от 12 июня 1932 г., временное удостоверение старшего инженера Ф.А. Цандера, подписанное начальником ГИРДа С.П. Королёвым от 1933 г., дневник Ф.А. Цандера с заметками о работе в ГИРДе, который он вел в 1931 г., испытания 17 июля 1933 г. горения ракеты на полигоне в Нахабино⁴ и др.

Второй блок демонстрируемых документов посвящен 55-летию программы «Интеркосмос»⁵. В апреле 1965 г. СССР направил правительствам Албании,

³ Бирюков Ю.В. Ракета 09 – первая отечественная жидкостная // Земля и Вселенная, 1993, № 5.

⁴ В АРАН сохранились протоколы испытаний узлов ракеты 09 и акт пуска от 17 августа 1933 г. АРАН. Р. IV. Оп. 14. Д. 50.

⁵ Верещетин В.С. От полета Гагарина – к программе «Интеркосмос» // Земля и Вселенная, 1981, № 2; Римша М.А. Пятнадцать лет на трассах «Интеркосмоса» // Земля и Вселенная, 1984, № 6; Ведешин Л.А. Первый по программе «Интеркосмос» (к 50-летию запуска международного спутника «Интеркосмос-1») // Земля и Вселенная, 2019, № 6.

² Раушенбах Б.В., Меркулов И.А. Золотой юбилей ГИРДа // Земля и Вселенная, 1981, № 5.

Ф.А. Цандера, одного из пионеров ракетной техники, организатора и начальника первой бригады ГИРД. 1931 г.

Давид Рабинович,

2. Занимались ли Вы выборные обществ.
деятельности в нижеследующие периоды:
а/ до 1906 года
б/ с 1906 по март 1917 г.
в/ с марта 1917 г. по октябрь
1917 года.



Одна из витрин блока «Пилотируемые полеты по программе "Интеркосмос"» с документами по советско-чехословацкому, советско-монгольскому и советско-румынскому полетам



Монгольская делегация на Байконуре. 1981 г. АРАН. Ф. 2237

НРБ, ВНР, ГДР, ДРВ, КНР, КНДР, Кубы, МНР, ПНР, СРР, ЧССР и СФРЮ предложение о проведении совещания по объ-

единению усилий социалистических стран в изучении и освоении космоса. В результате достигнутых договорен-

Выступление академика В.А. Котельникова на конференции, посвященной 20-летию программы «Интеркосмос». г. София, Болгария. 1986. АРАН. Ф. 2237

ностей в 1966 г. для координации работ в области освоения космоса при Президиуме Академии наук СССР был создан Совет по международному сотрудничеству в области исследования и использования космического пространства в мирных целях (Совет «Интеркосмос») в соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 421-130 от 30 мая 1966 г. и распоряжением Президиума АН СССР № 0112 от 10 августа 1966 г. Он стал межведомственной организацией, координирующей деятельность учреждений и организаций АН СССР, Министерства здравоохранения СССР, Государственного комитета по гидрометеорологии при Совете Министров СССР, Министерства связи и других министерств и ведомств по международному сотрудничеству в области исследования и использования космического пространства с социалистическими странами, Францией, Индией, США и другими государствами. По Программе Советский Союз безвозмездно предоставлял для космических исследований свою технику – спутники и ракеты, на которые устанавливалась аппаратура, созданная учеными государств-участников для реализации своих научных интересов и программ.

Представленные в этом блоке выставки документы хранятся в разных фондах. Прежде всего, это фонд самого совета «Интеркосмос», содержащий широкий круг материалов от различных программ, отчетов, протоколов, организационной и технической переписки, актов испытаний до памятной символики полетов, медалей, значков, эмблем и др. Также здесь представлены документы личных фондов вице-президента АН СССР и председателя Сове-



Информационный бюллетень программы «Интеркосмос». 1990 г. АРАН. Ф. 1678. Оп. 1. Д. 1162



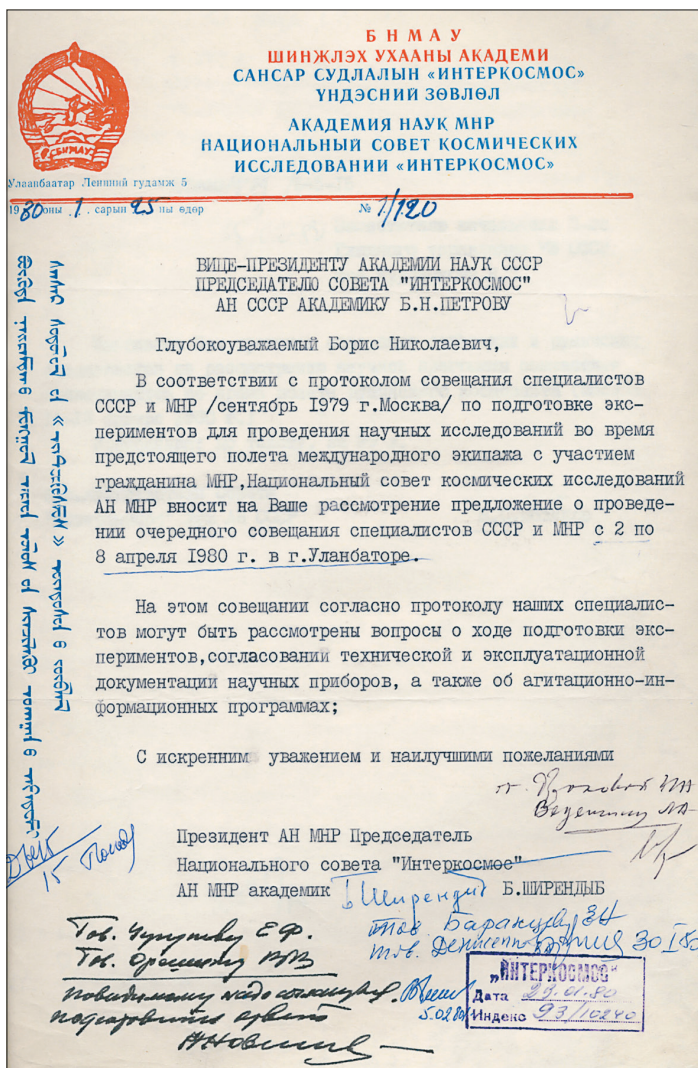
Советский и индийский флаги совместного космического полета международного экипажа СССР – Индия с автографами космонавтов. 1984 г. АРАН. Ф. 1678. Оп. 2. Д. 74

та «Интеркосмос» с 1981 по 1991 гг. академика В.А. Котельникова⁶, вице-президента АН СССР и директора ГЕОХИ АН СССР академика А.П. Виноградова, под руководством которого было выполнено исследование доставленных на Землю в 1970 г. образцов лунного грунта, а также президентов АН СССР М.В. Келдыша и А.П. Александрова.

Вниманию посетителей представлены соглашение о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях по программе «Интеркосмос», дело о космическом полете в марте 1981 г. международного экипажа СССР – Мон-

гольская народная республика на научно-исследовательском орбитальном комплексе «Салют-6» – «Союз-Т-4» – «Союз-39» (на русском и монгольском языках), фотографии космонавтов, принимавших участие в пилотируемых полетах по программе «Интеркосмос», барельеф с изображением космонавтов совместного космического полета международного экипажа СССР – Чехословацкая социалистическая республика, медали и символика космических полетов международных экипажей, проект акта о вскрытии капсулы с образцами лунного грунта, докладная записка сотрудников ИПМ АН СССР Д.Е. Охотимского, Э.Л. Акима, Р.К. Казаковой о посещении американской лекции по экспедициям КА «Викинг» (16 марта 1977 г.), заметки и бейдж ак. А.П. Виноградова на советско-американской

⁶ Котельникова Н.В. Владимир Александрович Котельников (к 100-летию со дня рождения) // Земля и Вселенная, 2008, № 5; Котельников В.А. Двадцать лет полетов человека в космос // Земля и Вселенная, 1981, № 5.



Письмо председателя Национального комитета МНР Совета «Интеркосмос» Б. Ширендыба председателю Совета «Интеркосмос» ак. Б.Н. Петрову о проведении совещания специалистов СССР и МНР. 1980 г. АРАН. Ф. 1678. Оп. 1. Д. 943

конференции по космохимии Луны и планет (январь 1975 г.), индийский флаг совместного космического полета международного экипажа СССР – Индия с автографами космонавтов, доклад ак. В.А. Котельникова на МАФ «Международный проект «Венера-Галлей» в рамках программы «Интеркосмос» (октябрь 1983 г.) и др. Ряд фотографий космонавтов международных

экипажей для экспозиции был представлен членом-корреспондентом РАН, летчиком-космонавтом, Героем Российской Федерации Ю.М. Батуриным.

В рамках открытия выставки, кроме того, состоялась презентация готовящегося к изданию иллюстрированного альбома «В интересах мира и дружбы. Хроники программы «Интеркосмос», в котором Архив РАН принимал участие.

О ВЛИЯНИИ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА АТМОСФЕРУ И КЛИМАТ ЗЕМЛИ

DOI: 10.7868/50044394822040132

С 7 по 11 февраля 2022 г. в Институте космических исследований Российской академии наук состоялась 17 конференция «Физика плазмы в Солнечной системе». Всего было представлено 324 пленарных, устных и стендовых доклада в 10 секциях, которые представляли различные аспекты темы, от теоретических вопросов до интерпретации экспериментальных наблюдений. Одна из секций конференции была посвящена влиянию космических факторов на атмосферу и климат.

Несмотря на свою компактность (всего 18 докладов), секция оказалась очень интересной и многоаспектной. Исключительное значение исследований по этой теме определяется сложностью многообразных природных процессов на Земле – глобальных изменений озоносферы, ионосферы и других «сфер», а также климата на фоне постоянно возрастающего антропогенного давления, относительная значимость которого по сравнению с естественной эволюцией до сих пор не определена.

В популярной книге «Атмосферный озон» (1967 г.) ее автор Арлетт Васси справедливо отметила, что огромный интерес к озону совершенно непропорционален его малому содержанию (10^{-5} по отношению озон/воздух). В последующие годы из-за того, что на первый план вышли возможные антропогенные влияния на озоновый слой и климат, именно проблема озонового слоя стала актуальной и в науках об окружающей среде, и в масс-медиа: у всех на слуху озоновые «дыры» и рост

«губительной» ультрафиолетовой радиации, быстрое потепление Арктики и таяние «вечной» мерзлоты и проч.

При этом важным, если не ключевым стал вопрос о значительной и непрогнозируемой изменчивости химического (включая заряженные компоненты) состава озоносферы и ионосферы, в которой верхние слои (70 км и выше) содержат электроны и ионы, играющие важную роль при воздействиях на озон извне, а нижние (0–60 км) – только ионы, роль которых также важна¹.

Ниже расскажем о некоторых, на наш взгляд, наиболее интересных презентациях, среди которых есть несколько с новыми достижениями мирового уровня в области трехмерного фотохимического моделирования состава и циркуляции средней атмосферы, нижней ионосферы и озоносферы под влиянием космической погоды.

Обзорный доклад «Влияние космической погоды на атмосферу Земли» открыл заседания секции под председательством ее руководителей и авторов О.А. Трошичева, А.А. Кривоуцко и их соавторов. Результаты экспериментальных исследований последних лет подтверждают значительное влияние космической погоды на атмосферу Земли. Это в первую очередь касается воздействия энергичных частиц солнечного, галактического и магнитосферного происхождения на атмосфер-

¹ Перов С.П., Костко О.К. Нижняя ионосфера (Натурные эксперименты // Земля и Вселенная, 2016, № 1.

ные процессы, определяющие обычную погоду и климат на Земле. Наиболее ярко это проявляется, когда солнечные протоны высоких энергий оказывают мощное воздействие на фотохимические процессы, циркуляцию в полярных областях, а также на планетарную облачность. Обнаружена интенсификация стратосферного полярного вихря в связи с увеличением скорости ионизации в средней атмосфере во время солнечных протонных событий, а также при росте геомагнитной активности. Авторы подчеркивают большую роль вариации интенсивности полярного вихря, которые могут являться причиной десятилетних изменений степени влияния солнечной активности на циркуляцию нижней атмосферы. Результаты спутниковых экспериментов подтверждают, как и прежде, модельные расчеты изменения концентрации озона в полярных областях под действием солнечных протонов. Это также относится и к вариациям солнечного УФ-излучения, которые хорошо объясняют скорость «опускания» зональных ветров в экваториальной стратосфере в ходе классической квазидвухлетней осцилляции и таким образом контролируют продолжительность квазидвухлетнего цикла и, соответственно, изменения общего содержания озона в Антарктике. Геоэффективный солнечный ветер воздействует на систему характерных для Антарктиды кататических (стоковых) ветров во всей южной полярной области и влияет на динамику Южного колебания (ENSO). При этом высыпание энергичных электронов с энергией 30–300 кэВ изменяет степень ионизации в слое между поверхностью Земли и нижней границей ионосферы (где наблюдается Шумановский резонанс) и ведет к деформации ионосферно-земной полости. При этом глобальное распределение атмосферной проводимости за счет атмосферных ионов определяется вторжениями сол-

нечных протонов, галактических космических лучей и наличием радоновых источников на земной поверхности. Таким образом, экспериментальные данные свидетельствуют о сильном воздействии различных агентов космической погоды и соответственно солнечной активности на земную атмосферу и/или на земную погоду.

Еще несколько докладов были представлены теми же авторами и их соавторами в развитие тезисов, изложенных в обзорном докладе.

Так Веретененко С.В. отметила, следуя своим прежним работам, факт корреляции солнечных протонных событий (СПС) января 2005 г. со значительным усилением западного ветра в стратосфере высоких широт северного полушария, что свидетельствует об интенсификации стратосферного полярного вихря. В ее докладе были исследованы эффекты СПС января 2005 г. в циркуляции стратосферы южного полушария. В ходе исследуемых событий в верхней стратосфере (30–10 гПа), где в летний период (декабрь–февраль) во всем полушарии доминирует восточный перенос воздушных масс, обнаружено ослабление восточных ветров в умеренных и высоких широтах ($>40^\circ\text{S}$) и усиление в низких. В нижней стратосфере (100–50 гПа), где циркуляция характеризуется наличием западного переноса в умеренных широтах, ослабление восточных ветров имело место только в полярной области ($>60^\circ\text{S}$), при этом максимум зонального западного потока смещался к высоким широтам. Сравнительный анализ эффектов СПС января 2005 г. в циркуляции стратосферы северного и южного полушарий показал, что в северном (зимнем) полушарии влияние СПС на изменчивость скорости зонального ветра выражено сильнее, чем в южном (летнем) полушарии. Автор справедливо полагает, что возмущения циркуляции, обнаруженные в обоих полушари-

ях в ходе исследуемых СПС, могут быть обусловлены изменениями температурного режима полярной атмосферы в связи с изменениями ее химического состава (уменьшением содержания озона) при увеличении скорости ионизации.

В докладе Куколевой А.А. и др. речь шла о влиянии вариаций УФ-радиации Солнца в 23 цикле его активности на состав и динамику атмосферы с использованием численных глобальных моделей. Для расчетов изменений солнечной радиации были использованы данные об изменении интенсивности излучения в спектре Солнца в диапазоне 115–850 нм (по результатам реконструкции на основе данных наблюдений и моделирования) за 2003 и 2009 гг. Эти данные были заложены в трехмерную фотохимическую модель CHARM (Chemical Atmospheric Research Model), а также в радиационный блок трехмерной модели общей циркуляции ARM (Atmospheric Research Model) Института вычислительной математики РАН им. Г.И. Марчука. Согласно расчетам, колебания радиации Солнца в УФ-участке спектра приводят к изменениям содержания озона на 3–15% в мезосфере. Этот результат учитывался при расчетах изменений циркуляции в модели ARM. Были рассчитаны изменения в атмосфере в диапазоне высот до 130 км температуры, скоростей ветра для условий зимы (декабрь) в северном полушарии. По результатам моделирования в максимуме солнечной активности (СА) температура в слое $h > 100$ км повысилась на 10–35° над всеми широтами по сравнению с условиями минимума активности. Повышение на 5–15° предсказывают расчеты также для полярной зимней стратосферы (40–60 км) и понижение на 10–20° для верхней мезосферы и термосферы (80–100 км). Зональный перенос значительно ослабляется при максимуме СА выше 40 км: скорость запад-

ного ветра в слое 40–80 км снижается вдвое: с 60 до 30 м/с, а скорость восточного ветра в слое 90–110 км уменьшается с 50 до 30 м/с. Наиболее выражен этот эффект в северном (зимнем) полушарии, а также в экваториальной и тропической зонах обоих полушарий.

Как продолжение этого направления А.А. Криволицкий и др. представили доклад «Ионизация атмосферы, вызванная солнечными протонами в полярных областях атмосферы Земли и ее воздействие на озоносферу и ионосферу». Анализ результатов трехмерного численного моделирования изменений химического (нейтрального и заряженного) состава атмосферы Земли в связи с увеличением потока солнечных протонов был приурочен к периоду вспышки на Солнце в октябре 2003 г. Для расчетов отклика на воздействие протонов была использована глобальная фотохимическая модель CHARM-I (Chemical Atmospheric Research Model with Ions), а также модель общей циркуляции ARM, созданные в Лаборатории химии и динамики атмосферы Центральной аэрологической обсерватории. Эффект воздействия вспышки на фотохимию нейтральных и заряженных частиц закладывался в модель при реализации численного сценария через соответствующие эффективности воздействия. Потоки частиц брались из наблюдений геостационарного спутника США GOES. Расчеты показали, что изменения (на десятки процентов) в содержании озона и электронной концентрации в области D в полярных широтах оказывают влияние на условия распространения и поглощения радиоволн.

В обстоятельном докладе группы отечественных и иностранных ученых Мироновой И.А. и др. по спутниковым, наземным и аэростатным наблюдениям были рассмотрены эпизоды высыпания энергичных частиц в атмосферу Земли. Сочетание разных типов прибо-

ров и методов наблюдений и анализа должно существенно уточнить данные по энергиям, потокам и спектрам энергичных частиц: протонов и электронов. Последние увеличивают скорость ионизации в средней атмосфере, тем самым способствуя образованию компонентов фотохимических семейств HO_x и NO_x , участвующих в каталитическом цикле разрушения озона. Была изучена реакция атмосферы на выпадения энергичных частиц во время корональных выбросов солнечных масс, во время суббурь, а также при уменьшении потоков галактических космических лучей – известном Форбуш-эффектом. Оценки реакции для химического состава озонового слоя в случае выпадения энергичных частиц в декабре 2009 г., сентябре 2017 г. и январе 2005 г. были промоделированы с помощью одномерных моделей с полным описанием ионной химии D-области и глобальных трехмерных химико-климатических моделей. Новые результаты, полученные с их помощью, приводят к пониманию того, как выпадения энергичных частиц влияют на озоновый слой и обеспечивают основу для дальнейшего уточнений механизмов их кумулятивного (синергетического) воздействия в целом на атмосферу и глобальный климат.

Полезный для методики наблюдений доклад «Эффект снега на сети нейтронных мониторов» Янке В.Г. и др. показал, что для средне- и высокоширотных нейтронных детекторов, особенно горных, снег является большой проблемой, поскольку он эффективно накапливается над детектором и вокруг него. Поэтому сильно искаженные переменным слоем снега данные мониторинга не пригодны для изучения многих типов вариаций и в дальнейшем требуют соответствующей корректировки. Точность регистрации стандартного нейтронного монитора 0.15%/час, а уже один сантиметр плотного снега

толщиной 0.5 см над детектором приводит к искажению наблюдаемых вариаций на 0.4%.

Принцип корректировки «на снег» базируется на сравнении вариаций, регистрируемых на анализируемом и на опорном детекторах. В качестве опорного сигнала можно использовать данные детектора, свободного от снега, или использовать результат глобального спектрографического метода (GSM) по данным Мировой сети детекторов. Впервые был применен второй подход. В итоге авторы отметили, что привлечение результатов GSM анализа обеспечил хорошую стабильность и, по крайней мере, пятикратное повышение статистической точности, полную непрерывность ряда данных опорного детектора. Результаты могут быть использованы при верификации данных сети нейтронных мониторов. В перспективе авторы планируют учесть веса для фильтра скользящего среднего, который использовался в работе, и реализовать методику односторонних фильтров для работы в режиме реального времени. Работа была выполнена с использованием оборудования уникальной научной установки «Сеть СКЛ».

Интересны результаты долговременных (на протяжении примерно трех десятков лет) наблюдений общего содержания озона O_3 и диоксида азота NO_2 . Груздев А.Н., Еланский Н.Ф. и др. надежно установили проявления 11-летнего солнечного цикла по данным этих наблюдений на двух научных станциях Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН: Звенигородской научной станции (ЗНС, далее Звенигород) и Кисловодской высокогорной научной станции (КВНС, далее Кисловодск). Здесь регулярно и систематически проводятся измерения общего содержания указанных составляющих озоносферы. Годовые и сезонно-зависимые оценки линейных трендов O_3 и NO_2 и вариации общего

содержания O_3 и NO_2 , как установили авторы, связаны с 11-летним циклом солнечной активности, квазидвухлетней цикличностью в экваториальной стратосфере, Арктическим колебанием, вариациями температуры поверхности океана в области Ниньо-3.4 (восточная и центральная часть экваториальной области Тихого океана). Отклик общего содержания NO_2 на солнечный цикл в Звенигороде в целом за год не выявлен, изменения общего содержания NO_2 в Кисловодске составляют в целом за год 5–6%, а изменения общего содержания O_3 – около 1.5%. Однако отклик на солнечное воздействие в отдельные сезоны существенно сильнее. Значительный эффект солнечного цикла в общем содержании NO_2 в Звенигороде проявился в конце зимы и начале весны. Колебания NO_2 противоположны по фазе 11-летнему солнечному циклу. В это время года общее содержание NO_2 в Звенигороде в годы минимума солнечной активности в среднем больше, чем в годы максимума солнечной активности на 7–10%. В летний период, когда радиационное воздействие колебаний уровня солнечной активности в средних широтах максимально, эффект солнечного цикла в диоксиде азота в Звенигороде составляет ~3% и проявляется приблизительно в фазе с солнечным циклом.

Солнечный сигнал в общем содержании NO_2 в Кисловодске выявлен в течение большей части года. Максимальный (в относительных единицах) отклик общего содержания NO_2 на солнечный цикл проявился зимой. Изменение общего NO_2 между минимумом и максимумом солнечной активности составило в зимние месяцы (декабрь–февраль) 11–13% по данным утренних измерений и около 20% по данным вечерних измерений.

Летом также выявлен значительный эффект ~7–9%. Изменения общего NO_2 в Кисловодске, связанные с солнеч-

ным циклом, можно приблизительно считать противофазными ему. Таким образом, зимний и весенний отклики NO_2 на солнечный цикл в Кисловодске и в Звенигороде вполне соответствуют друг другу по фазе, но летние отклики примерно противоположны между собой по фазе. В Кисловодске изменения общего содержания O_3 под действием солнечного цикла проявляются в максимальной степени летом, достигая 4.5%; изменения же, проявляющиеся в течение большей части года, с конца весны по осень, происходят примерно в фазе с солнечным циклом. Понятно, что такие данные о главных составляющих озоносферы должны и будут использоваться для тестирования климатических моделей.

«Исследование межгодовых вариаций атмосферной и ионосферной изменчивости по данным спектрометрических и радиофизических наблюдений» было проведено Медведевой И.В. с соавторами. Наибольший интерес авторов был связан с межгодовыми вариациями температуры области мезопаузы и максимума электронной концентрации в 24 солнечном цикле. Использование разработанной ранее методики оценки атмосферной и ионосферной изменчивости позволило выявить проявление волновой активности в широком диапазоне высот средней атмосферы. Температурные данные были получены при помощи спектрометрических измерений параметров эмиссии молекулы гидроксила (~87 км) в Геофизической обсерватории Института солнечно-земной физики СО РАН. Значения максимума электронной концентрации NmF2 получены по данным вертикального зондирования на иркутском ионозонде DPS-4. К анализу были привлечены данные о солнечной и геомагнитной активности, а также о вариациях индекса Южной осцилляции (Southern Oscillation Index). Для анализируемого периода 2008–2020 гг. исследованы и сопоставлены межгодо-

вые вариации изменчивостей температуры мезопаузы и максимума электронной концентрации в различных временных периодах: межсуточные вариации ($T > 24$ ч), приливные вариации ($8 \text{ ч} \leq T \leq 24 \text{ ч}$), а также вариации с периодами внутренних гравитационных волн (ВГВ, $T < 8$ ч). Анализ межгодовых вариаций изменчивости температуры мезопаузы показал, что поведение межсуточной изменчивости коррелирует с вариациями SOI, с пиком изменчивости в фазе Ла-Нинья (максимум SOI в 2011 г.) и минимумом в фазе Эль-Ниньо. Значения температурной изменчивости в результате влияния приливов и внутренних гравитационных волн минимальны в 2011 и 2012 гг., когда наблюдались максимальные значения SOI (наибольшие за 50 лет) и фаза Ла-Нинья. Анализ межгодовых вариаций ионосферной изменчивости и их сопоставление с изменениями геомагнитной и солнечной активности выявил, что однозначно с геомагнитной активностью коррелирует только межсуточная ионосферная изменчивость. Обнаружена антикорреляция коротковолновой (с периодами ВГВ) изменчивости максимума электронной концентрации и солнечной активности. Максимальная ВГВ-активность наблюдается в годы минимума солнечной активности, минимальная – в годы максимума. Анализ среднегодовых значений максимума электронной концентрации NmF2 показал, что в межгодовые вариации среднегодовых значений NmF2 доминирующий вклад вносит солнечная активность, а вкладом геомагнитной активности можно пренебречь.

В заключении отметим, что экспериментальные данные, полученные при наблюдениях с Земли с помощью спутников, баллонных платформ и радиозондов, свидетельствуют о сильном воздействии различных агентов космической погоды и солнечной активности (в том числе в период ее низ-

кой активности) на земную атмосферу и/или на земную погоду; при этом может действовать «синергетический» эффект усиления, нелинейно суммирующий реакцию атмосферы (и часто других геосфер) при нескольких различных факторах.

Многолетними усилиями сотрудников Центральной аэрологической обсерватории, Гидрометцентра РФ, Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН впервые создан блок моделей, работающих в интерактивном режиме при поддержке модели общей циркуляции атмосферы (Atmospheric Research Model) и «обеспечивающих» фотохимическую часть модели полями трехмерных компонент ветра и температуры, необходимых для учета глобального переноса химически активной примеси. Это дает возможность не только определить «химический климат», соответствующий наблюдениям в озоносфере, но и исследовать реакцию последней на вариации УФ-радиации и воздействие протонных вспышек на Солнце. Можно считать это нашим весомым вкладом в семейство примерно 10 моделей самого высокого уровня, существующих в настоящее время в мире.

Как показал наш анализ, включение в модель термических и гравитационных лунно-солнечных приливов, а также гетерогенных реакций должно вывести моделирование процессов в средней и верхней атмосфере на новый качественный уровень и существенно улучшить прогноз глобальных изменений процессов не только средней атмосферы (10–120 км), но и нижней тропосферы (0–10 км)².

Перов Станислав Петрович

² См., например, Сидоренков Н.С. Геодинамические причины декадных изменений климата // Земля и Вселенная, 2016, № 3; Шерстюков Б.Г. Изменения климата: причины и прогноз // Земля и Вселенная, 2017, №3.

EARTH & UNIVERSE

4 (346), 2022

July–August

TABLE OF CONTENT

Alexander A. LUTOVINOV <i>Mikhail Pavlinsky</i> ART-XC Telescope Onboard <i>Spektr-Rentgen-Gamma</i> Space Observatory	3
Rodion A. BURENIN All-Sky Survey in X-Ray	10
Ilya A. MEREMINSKYI New X-ray transients in the Mikhail Pavlinsky ART-XC all-sky survey	17
Vadim A. AREFIEV, Sergey A. MOLKOV, Alexander A. LUTOVINOV from the Theory of Neutron Stars to Applied Tasks for Space Navigation	25
Vladimir N. NAZAROV Space Observatory's Working Days On the Earth	36
XXI Century Cosmonautics	
Igor A. LISSOV <i>Tianwen-3</i> to Bring Martian Soil to the Earth	43
WU Ji What Change May Take Place after We Entered Space Era	48
People of Science	
Sergey A. GERASYUTIN In Memory of Valery Ryumin	53
Amateur Astronomy	
Evgeny A. KAZAKOV Medieval Constellations: In Search of Forgotten Meaning	58
Dossier for The Curious	
Yuri V. SOLOMONOV Planet Mars On Coins	74
Literary Space	
Mikhail I. SINELNIKOV Stargazers' Craft Has Changed...	93
Exhibitions and Museums	
Olga V. SELIVANOVA Per aspera ad astra	94
Symposia, Conferences, Congresses	
Stanislav P. PEROV On the Space Weather's Impact on the Earth's Atmosphere and Climate	102
Table of Content and Selected Abstracts	108

Cover: Artist's concept of Spektr-RG space observatory in flight.
Image courtesy Lavochkin Association

EARTH & UNIVERSE

4 (346), 2022

July–August

Mikhail Pavlinsky ART-XC Telescope Onboard Spektr-Rentgen-Gamma Space Observatory

Alexander A. LUTOVINOV

Space Research Institute, Russian Academy of Sciences

DOI: 10.7868/S0044394822040016

Mikhail Pavlinsky ART-XC telescope on board Spektr-Rentgen-Gamma space observatory (SRG for short) is the first mirror X-ray telescope made in Russia. Its idea belonged to Mikhail Pavlinsky, who was deputy director of the Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences. Mikhail Pavlinsky was a project manager of ART-XC and it's first Principal Investigator. Since 2019 the telescope has been successfully operating in space. Some of the results based on its data are already published in tens of papers. In what follows we will tell about the telescope and some of its results.

All-Sky Survey in X-Ray

Rodion A. BURENIN

Space Research Institute, Russian Academy of Sciences

DOI: 10.7868/S0044394822040028

For the first time ever X-ray optics of *Mikhail Pavlinsky* ART-XC telescope makes possible the surveys of large areas of the sky in hard X-rays, with the sensitivity maximum at about 10 keV. The main goal of such surveys is studies of various astrophysical objects, whose soft X-ray emission is prone to absorption. Among them are active galactic nuclei, massive X-ray binaries, and cataclysmic variables in our Galaxy.

New X-ray transients in the Mikhail Pavlinsky ART-XC all-sky survey

Ilya A. MEREMINSKYI

Space Research Institute, Russian Academy of Sciences

DOI: 10.7868/S004439482204003X

We are used to look at the sky and observe well-known constellations and asterisms. New bright stars appear rarely. Once in a century a Supernova blazes up and several times in a year we see Novae, however, usually not that bright. And it is close to impossible to imagine that a known bright star would be extinguished. The reason is that the timescale for thermonuclear reactions inside the stars is large enough, about millions and billions of years, and during this time stars shine more or less stably.

From the Theory of Neutron Stars to Applied Tasks for Space Navigation

Vadim A. AREFIEV, Sergey A. MOLKOV, Alexander A. LUTOVINOV

Space Research Institute, Russian Academy of Sciences

DOI: 10.7868/S0044394822040041

Neutron stars, in particular those with strong magnetic fields, are main targets for Mikhail Pavlinsky ART-XC telescope. Their X-ray emission can be characterized by strong pulsations, rapid changes of the flux, and some peculiarities in energy spectra. These observations are crucial for studies of radiation and matter behaviour in strong gravitational and magnetic fields. Precise measurements of X-ray pulses' parameters give us a chance to build a system for spacecraft autonomous navigation, which would use X-ray pulsars as the sources of signals.

Space Observatory's Working Days On the Earth

Vladimir N. NAZAROV

Space Research Institute, Russian Academy of Sciences

DOI: 10.7868/S0044394822040053

Space experiments consist of two parts. The first is space segment, which includes the spacecraft itself with its engineering equipment and scientific payload, and the second is ground segment that provides data acquisition, its processing and distribution, as well as planning and management of a spacecraft and its payload.

Having *Spektr-RG* project as an example, we discuss main tasks of ground segment, its role in space experiment, and its characteristics.

Индекс 38808

Земля и Вселенная, 4/2022

Заведующая редакцией А.Ю. Обод

Редакторы С.А. Герасютин, Д.А. Кононов, О.С. Сажина

Корректор С.О. Розанова

Верстка макета Н.В. Мелкова

Просим обращаться

по вопросам публикации материалов:

(495)276-77-35 (доб. 42-31), e-mail: zevs@naukaran.com

по вопросам сотрудничества:

(495)276-77-35 (доб. 43-01 или 43-02),

e-mail: journals@naukaran.com

Журнал зарегистрирован Государственным комитетом

Совета министров СССР по печати 28 июня 1991 г.

Свидетельство о регистрации № 2119

www.naukabooks.ru/zhurnali/katalog/zemlja-i-vselennaja/

Все права защищены.

Перепечатка материалов возможна только с разрешения редакции.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Все иллюстрации в статьях предоставлены авторами.

*Ответственность за точность и содержание рекламных
материалов несут рекламодатели*

12+

Сдано в набор 03.06.2022 г. Подписано к печати 15.07.2022 г.
Дата выхода в свет 29.07.2022 г. Формат 70 × 100¹/₁₆
Цифровая печать Усл.печ.л. 9.75 Уч.-изд.л. 9.75 Бум.л. 3.75
Тираж 1000 экз. Заказ № 25 Цена свободная

Учредители: РАН, ФГБУ «Издательство «Наука»
Редакция и издатель: ФГБУ «Издательство «Наука»
Адрес: 117997 Москва, ул. Профсоюзная, 90

Отпечатано в типографии ФГБУ «Издательство «Наука»
Адрес: 121099 Москва, Шубинский пер., 6

АкадемКнига

Букинистический отдел осуществляет покупку и продажу научной литературы, книг по искусству, антикварных изданий, старинных открыток, гравюр и фотографий

Для оценки крупных библиотек выезжаем на дом

Принимаем заказы

Формируем библиотеки

Адрес: 101000, Москва, Б. Спасоглинишевский пер., 8, стр. 4

E-mail: bukinist@naukaran.com

Справки по телефону:

8 (495) 624-7219





НОВИНКИ И АКЦИИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ



vk.com/naukapublishers



t.me/naukapublishersru



Типографии ФГБУ «Издательство «Наука»
www.tnauka.ru

- переплетные работы
- тиснение фольгой
- цифровая печать
- офсетная печать
- ламинирование
- цветоделение
- сканирование
- брошюровка
- лакирование
- цветопроба
- нумерация
- высечка
- верстка
- СТР

- ▶ Разумная ценовая политика
- ▶ Высокое качество продукции
- ▶ Реальные сроки выполнения заказов
- ▶ Работа высококлассных профессионалов



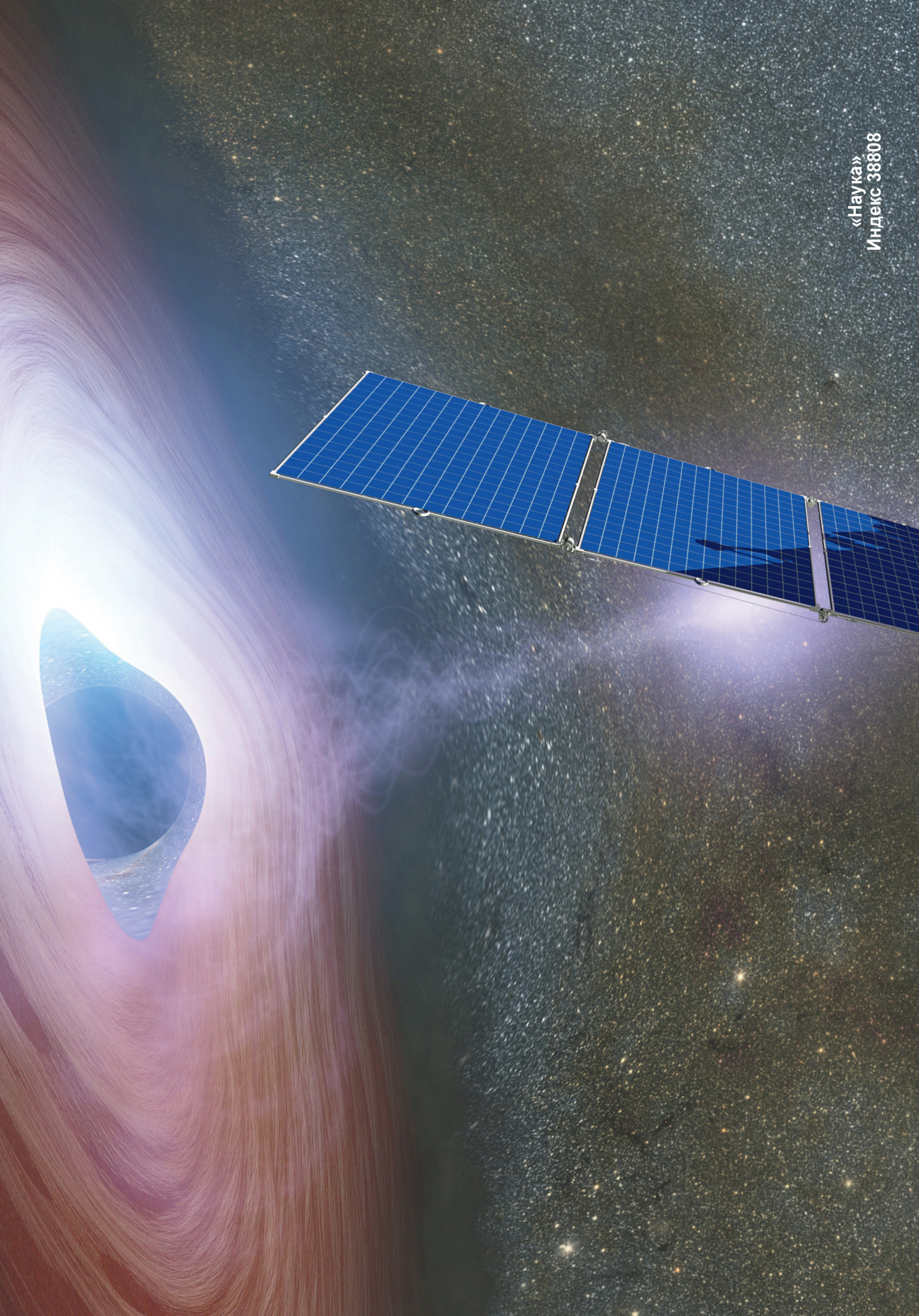
- ♦ Удобное месторасположение
- ♦ Тиражи от 20 экземпляров

- афиши
- календари
- удостоверения
- адресные папки
- визитные карточки
- фирменные бланки
- брошюры, журналы
- эксклюзивные издания
- полноцветные плакаты
- художественные альбомы
- книги в твердом переплете
- листовки, рекламные буклеты
- наклейки на бумажных материалах

Москва

Санкт-Петербург

Новосибирск



«Наука»
Индекс 38808